Aaron Bldg.

Digitized by Google

PENNSYLVANIA

State College Library.

Class Physics.

Case B.

Shelf No.

530.3 M32p

v.3

6-Q

RULES.

Books of reference cannot be taken from the Library.

Other books can be taken out, but must be returned within two weeks.

A fine of Ten Cents per week on each book, after two weeks.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Enkyklopädie

der

Experimental-Physik,

der

Astronomie, Geographie, Chemie, Physiologie, Chronologie

nach dem Grade ihrer Verwandtschaft mit der

Physik

von

Gotthard Oswald Marbach,
Doctor der Philosophie und akademischem Docenten zu Leipzig.

Dritter Band.

H bis M.

Leipzig, 1836.
Verlag von Otto Wigand.

Digitized by Google

LIBRARY
THE PA. STATE
COLLEGE

Populäres
Physikalisches
Lexikon

oder

Handwörterbuch

der

gesammten Naturlehre

für

die Gebildeten aus allen Ständen

von

Gotthard Oswald Marbach,
Doctor der Philosophie und akademischem Docenten zu Leipzig.

Dritter Band.

H bis M.

Was du ererbt von deinen Vätern hast,
Erwirb es, um es zu besitzen.
Göthe.

Leipzig, 1836.
Verlag von Otto Wigand.

Digitized by Google

LIBRARY
THE PA. STATE
COLLEGE

530.3
M32p
v.3

Digitized by Google

H.

Haarröhrchenwirkung; Capillarität (v. d. lat. capillus Haar), Capillar-Attraction oder Anziehung, Haarröhrchenanziehung, Haarröhrchen-Abstoßung oder Depression.

Die Haarröhrchenwirkung besteht in der Erscheinung, daß Flüssigkeiten in sehr engen Röhrchen entweder unter oder über das Niveau der die Röhre umgebenden Flüssigkeit treten. Taucht man nämlich ein Röhrchen von Glas (um das Phänomen sichtbar zu machen) in ein Gefäß mit Wasser, so wird dasselbe, mit größerer oder geringerer Schnelligkeit, je nachdem das Röhrchen befeuchtet oder nicht feucht ist, in demselben in die Höhe über das Niveau des Wassers im Gefäße treten. Ist der Versuch mit einem Gefäße voll Quecksilber vorgenommen worden, so bemerkt man, daß die Oberfläche des Quecksilbers im Röhrchen sich hinabwärts zieht. Im Allgemeinen: Ist die Flüssigkeit fähig die Röhre zu benetzen, so sieht man sie in dem Innern desselben aufsteigen, und um so höher über dem natürlichen Niveau stehen bleiben, je enger die Röhre ist. In diesem Falle endigt sich das obere Ende des flüssigen Cylinders in eine mit der Concavität gegen die Luft gekehrte Oberfläche. Vermag die Flüssigkeit aber **nicht** die Röhre zu benetzen, so senkt sich die Flüssigkeit unter das Niveau, statt darüber emporzusteigen, und dann endet sich die Säule in eine nach außen convexe Fläche. Die dünnen Röhrchen, welche diese Wirkung ausüben, werden Haarröhrchen genannt, weil sie einen sehr kleinen innern und häufig auch einen sehr kleinen äußeren Durchmesser besitzen. Agiunty, Medikus und Leibarzt in Florenz (st. 1635) hat zuerst auf die hierher gehörigen Erscheinungen aufmerksam gemacht. Nach ihm sind dieselben von Sturm, Rohault, Fabry, Boyle, Sinclair, Mairan, Löwenhök, Borellius, Bernoulli, Hooke, Newton, Hawskbee, Carre, Geoffroy, Bülfinger, Hamilton, Lalande, Parkinson und andern untersucht worden. Isaac Vossius entdeckte die deprimirende Haarrörchenwirkung zwischen Glas und Quecksilber. Musschenbroek und Lalande gaben die meisten zusammenhängenden Beobachtungen; Clairaut hingegen die erste ausführliche Berechnung dieser Erscheinung in den Haarröhrchen. Seine Theorie erklärt nicht, warum die Höhen, zu welchen eine Flüssigkeit in Haarröhrchen von gleicher Materie steigt, den Durchmessern der Röhrchen verkehrt proportional sind. Umfassender ist Laplace's Bearbeitung dieses Gegenstandes. Nach ihm ist die Kraft, die in den Haarröhrchen wirkt, nur in unmerklichen Entfernungen thätig. Clairaut nimmt an, die Anziehung der Haarröhrchen-Wände wirke merkbar bis in die Axe des Röhrchens. Nach Hawskbee's Beobachtung steigt Flüssigkeit z. B. Wasser in Haarröhrchen von demselben Durchmesser immer zu einerlei Höhe, sie mögen aus dünnem oder sehr dickem Glase

1750.

gefertigt sein. Die Masse der Röhrchen ist hiernach ohne Einfluß auf diese Erscheinung. Ist die innere Fläche der Röhre, wenn auch nur sehr dünn, mit Fett überzogen, so äußert sich diejenige Wirkung, welche zwischen Fett und Wasser bemerkt wird, nämlich die abstoßende oder deprimirende. Die Fetthaut hebt demnach die Wirkung des Glases auf's Wasser auf, und da dieselbe dazu sehr dünn sein kann, so folgt, daß diese Wirkung in jeder angeblichen Entfernung ganz unmerkbar sein muß.

Da alle Theilchen einer Flüssigkeit sich gegenseitig mit einer Kraft anziehen, die nur bis auf unmerkliche Entfernungen reicht, so entsteht an jedem Theilchen im Innern des Flüssigen nach allen Richtungen ein gleicher, keines derselben bewegender Druck; in der Oberfläche aber ein Druck, der nach dem Innern des Flüssigen hineingeht, weil die Theilchen, welche in der Oberfläche thätig sind, in Hinsicht ihrer Thätigkeit der Anziehung, nur nach der Richtung zur Flüssigkeit durch die Thätigkeit der angrenzenden Theilchen kraftlos gemacht worden sind und dagegen immer noch wirksam sind mit dem Ueberschusse, welcher auf der Oberfläche an das anstoßende Medium wirken würde. Dieser Druck ist dem Drucke der Schwere gleich. Er sei Q. Diesen muß die Anziehungskraft der Röhrchenwände tragen. Sie muß auch die Flüssigkeit an den Wänden halten, und demnach nicht allein den Druck Q, sondern auch das Gewicht der Säule tragen. Dieses Gewicht wird ebenfalls gleich Q sein, weil die Säule an ihrer Oberfläche gleichsam hängend und von da aus der Druck derselben Q ins Innere dem Gewichte der Säule gleichgeschätzt werden kann. Die gesammte Anziehungskraft wird also $= 2Q$ sein. Ihr entgegenwirkend ist die Kraft, mit welcher das Wasser an den Wänden der Röhre zu hängen strebt. Ist diese Kraft Q', so ist die ganze bei der Capillarität wirksame Kraft $2Q - Q'$, welcher der Thätigkeitseffekt VDg (Volumen $\times$ Dichtigkeit $\times$ Schwerenverhältniß) in der Röhre gleich gesetzt werden muß.

Umgekehrt stellt sich dasselbe Verhältniß zwischen Substanzen dar, welche sich abstoßen. Der Druck Q von der Oberfläche des Quecksilbers im Röhrchen ins Innere der Flüssigkeit wird beim Eintauchen vergrößert durch die niederdrückende Gewalt der Abstoßung des Glases. Im eingetauchten Röhrchen hält daher dieser Druck Q auch das Gewicht einer Säule Quecksilber, so groß als das Gewicht der Säule von Quecksilber vom innern Durchmesser des Röhrchens und der Höhe des Unterschiedes zwischen dem niedergedrückten Niveau des Quecksilbers und dem ursprünglichen, die Ausgleichung der Flüssigkeit nach ihrer statischen Regelmäßigkeit auf. Die niederdrückende Gewalt im Röhrchen ist daher $2Q$. Ihr entgegenwirkend ist die anziehende Gewalt der Masse des Quecksilbers an den Röhrchenwänden Q'. Die ganze bei der Niederdrückung thätige Kraft ist daher ebenfalls $= 2Q - Q'$.

Die Oberflächen der Flüssigkeiten, welche in die Haarröhrchen aufgesaugt werden, sind concav und convex nach dem Verhältnisse der Anziehung oder Abstoßung, welche zwischen der Masse des Röhrchens und der darinnen befindlichen Flüssigkeit statt hat. Wasser in Glasröhren hat convexe Oberflächen, während Quecksilber darinnen concave Formen

Digitized by Google

zeigt. Ersteres wird vom Glase angezogen, letzteres abgestoßen. Die Krümmungen, welche die Oberflächen der Flüssigkeiten auf diese Weise in Röhren von unbedeutendem Durchmesser annehmen, werden in der Mathematik mit dem Namen **Krümmungen elastischer Oberflächen** bezeichnet. Die Linien dieser Oberflächen auf Durchschnitten durch die Haarröhrchen parallel ihren Axen, kommen den **elastischen Linien** gleich. In diesen Linien ist die Kraft, welche die Krümmung verursacht, oder von der Krümmung herrührt, dem Halbmesser der Krümmung verkehrt proportional. Wenn die Röhre sehr enge ist, so nähert sich die Oberfläche der Flüssigkeit in ihr dem Abschnitte einer Kugelfläche, und dieß um so mehr, je kleiner ihr Durchmesser ist. (Nach **Hauy's** und **Tremery's** Messungen verhielt sich die Sehne der Krümmung oder der Durchmesser der Röhre zum größten Abstande der Krümmung von derselben für Wasser bei 10° C. = 48 : 41). In solchen verschieden engen Röhrchen einer Materie werden daher diese Abschnitte für eine und dieselbe Flüssigkeit einander ziemlich ähnlich und die Halbmesser der Krümmungen, wie bei Kugelabschnitten ziemlich den Durchmessern dieser Röhrchen proportional sein. Innerhalb der unmerkbaren Entfernungen, auf welche sich die Anziehung der Wand des Röhrchens einschränkt, wirkt dieselbe in jeder Linie parallel der Axe desselben, wie eine Ebene. Entfernter von der Wand ist die Flüssigkeit keinem andern merklichen Einflusse unterworfen, als dem der Schwere und der Massenanziehungskraft, welche sie auf sich selbst ausübt. Werden daher unmittelbar an der Wand Theilchen von Flüssigkeit angezogen, so ziehen dieselben unfehlbar andere Wassertheile zugleich mit sich fort und zwar so viele und so lange, als die Gesetze der Schwere überhaupt verstatten. Hieraus läßt sich leicht folgern, daß die Krümmungen der Oberflächen von Flüssigkeiten einer Art in Röhren von gleicher Materie, aber von verschiedenem Durchmesser an den Wänden mit gleichen Krümmungen erscheinen, weil der letzte Theil der Krümmung in allen Gefäßen nur durch den einzigen Punkt der Anziehung zwischen Röhre und Flüssigkeit bestimmt wird. Dieser äußert für gleiche Materien unter allen Verhältnissen eine und dieselbe Art Wirkung.

Durch dieselben Kraftverhältnisse wird unfehlbar Flüssigkeit um die Röhre in die Höhe gezogen werden, weil durch diese Einwirkung der Massenanziehung der über die Flüssigkeit hervorragenden Röhrenwände das Gleichgewicht der Flüssigkeit an ihrer ebenen Oberfläche in dem Gefäße, worein das Haarröhrchen gesteckt ward, aufgehoben wurde, so daß die Schwere derselben um diese Anziehung geringer ward. Hierdurch werden dieselben durch die ungeändert in ihrer Schwere verbleibenden Flüssigkeiten um das Aeußere des Röhrchens nach hydrostatischen Gesetzen des Gleichgewichtes von Flüssigkeiten in heberförmigen Gefäßen in die Höhe gedrängt. Umgekehrt wird aus derselben Ursache da, wo Abstoßung zwischen der Masse des Röhrchens und der Flüssigkeit statt findet, die Oberfläche der Flüssigkeit unter die Oberfläche derselben im umgebenden Gefäße niedergedrückt werden, weil durch die Abstoßung ebenfalls das Gleichgewicht der Flüssigkeit gestört wird und zwar so, daß den senkrecht in der Axe des Röhrchens liegenden Theilen von

Digitized by Google

Flüssigkeit der Druck der Abstoßung als Zuwachs zu ihrer Schwere hinzukommt, wodurch sie ihre Oberfläche gegen das Niveau der Flüssigkeit rings um das Röhrchen in niederem Niveau zu erhalten im Stande sind. Da die Anziehung der Röhrchen nur in unmerklichen Entfernungen wirksam ist, und da ein Theilchen des Wassers auf das andere fortwirkt, so weit die Ursache der Wirkung weiter fortwirken kann, so muß bei sehr engen Röhrchen mit verschiedenem Durchmesser diese Kraft für das ganze Röhrchen wenigstens den Durchmessern dieser Röhrchen umgekehrt proportional sein oder unmerklich davon abweichen. Denn je weiter die Röhre ist, um so weniger weit wird die Ursache der Wirkungen ihren Erfolg merkbar machen können.

Die Kräfte aber, welche den Niveaustand verschiedenartiger Flüssigkeiten in heberförmigen Gefäßen vermitteln, verhalten sich ebenfalls umgekehrt, wie die Schweren dieser Flüssigkeiten. Daher steht diejenige Flüssigkeit, welche dichter ist, niedriger als jene, welche weniger dicht ist, und die Höhen, zu welchen jede emporsteht, verhalten sich umgekehrt wie die Schweren und Dichtigkeiten dieser Flüssigkeiten. Die Flüssigkeiten in den Haarröhrchen und in den Gefäßen, worein sie getaucht sind, können, da ihre Schwere verschiedenartig modificirt ist, durch die anziehende Kraft der Röhrchen als verschieden gewichtige Flüssigkeiten betrachtet und nach den eben genannten Gesetzen für verschiedenartige Flüssigkeiten in heberartigen Gefäßen beurtheilt werden. Die Haarröhrchen werden demnach als ein Heberarm wirken, das Gefäß der Eintauchung als der zweite. Da nun die Anziehungskraft der Haarröhrchenwände, selbst umgekehrt proportional den Durchmessern derselben, ganz wie eine die Dichtigkeit oder die Schwere modificirende Kraft auftrit, so werden demnach auch die Höhen H, h, zu welchen eine Art von Flüssigkeit in verschieden engen Röhrchen von gleicher Materie ansteigen kann, sich umgekehrt wie die Durchmesser D, d (D zu H, d zu h gehörig) verhalten, oder

$$H : h = d : D$$

sein. Ein gleiches Verhältniß ergiebt sich für die Depression, welche von den Wänden der Haarröhrchen ausgeht. Die Flüssigkeit steht in verschieden weiten Röhrchen verschieden niedrig in umgekehrten Verhältnissen mit den Durchmessern derselben.

Nicht bloß in Röhrchen finden Gesetze dieser Massenanziehung ihre Bestätigung, sondern auch in andern ähnlich beschaffenen Gegenständen. Zwischen Cylindern, in einander gepaßt, von kleinem Zwischenraume getrennt, steigen Flüssigkeiten ungefähr so hoch, wie in Röhrchen mit einem Halbmesser von der gleichmäßigen Entfernung der Cylinder und werden in gleichem Verhältnisse deprimirt. Zwischen Glasplatten steigt nach Newton's Beobachtungen, Wasser bei einer Entfernung derselben von $\frac{1}{100}$ engl. Zoll ungefähr 1 Zoll hoch, und ist sie kleiner oder größer, so steht die Höhe des Wassers zu jener Höhe in einem Verhältnisse, das ziemlich das Umgekehrte ihrer Entfernungen ist. Bei gleicher Höhe des Wassers in Haarröhrchen und zwischen eng zusammengestellten Ebenen von einer Masse ist die Entfernung der Ebenen ziemlich ein halb mal so groß, als die Durchmesser der Röhrchen.

Zwischen keilförmig zusammengestellten Glasebenen zieht sich ein hineingebrachter Tropfen Wasser nach dem schmälsten Theile, weil er fortwährend dahin so lange angezogen wird, bis wegen Ende der Platten die anziehende Kraft zu wirken aufhört. Das Umgekehrte findet in diesem Falle bei einem Quecksilbertropfen statt, welcher aus Gründen der Abstoßung und der eigenen Anziehung in seiner Masse in den weitesten Theil der Platten getrieben wird.

Die Theorie von Laplace entwickelt die Umstände ausführlicher, warum diese Erscheinungen so statt finden. Sie geht von der Begründung aus, daß das Flüssige in den Haarröhrchen von einer Kraft angehoben ist oder unter das Niveau derselben niedergedrückt wird, welche das Resultat aller einzelnen am Umfange der Röhre nur in unmerklichen Entfernungen wirkenden Kräfte ist, und welcher die wirklich angehobene oder niedergedrückte Säule des Flüssigen in den Haarröhrchen das Gleichgewicht hält.

Mehre eigenthümliche Versuche mit Haarröhrchen erdachte Laplace aus seiner Theorie. Hat eine heberförmige Röhre ungleich weite Schenkel, der weitere länger als der engere, und bringt man nach gehöriger Benetzung im Innern Weingeist hinein, so hebt sich derselbe im engern Theile höher, als in dem andern. Wird so viel Weingeist hinzugetropft, daß dessen Oberfläche allmälig an die Mündung des engern Theiles reicht und fährt man mit Zutröpfeln fort, so sieht man zuerst die concave Oberfläche eben werden, dann sich erheben und endlich einen Tropfen bilden, welcher so vom Rande der Röhre festgehalten wird, daß man sehr hoch im weitern Schenkel Alkohol über die Mündung des engern hinaufgießen kann, ehe das Uebergewicht des Weingeistes im weitern Schenkel ein Platzen des Tröpfchens in seinen untern Theilen am Rande der engern Heberröhre bewirkt. Aus denselben Gründen kann man durch ein passend weites Glasröhrchen, das heberförmig gebogen ist, ein ganzes Gefäß auslaufen lassen, ohne daß man nöthig hätte, das Röhrchen vorher mit Flüssigkeit zu füllen. Eben aus dieser Ursache steht das Wasser in einem geraden Haarröhrchen, an dessen unterm Ende ein Tropfen sich befindet, ungleich höher als in demselben Röhrchen, wenn es in eine Flüssigkeit getaucht ist, weil der Tropfen am untern Ende desselben angezogen, also aufwärts getrieben ist. Da hierdurch die Last des Volumens der Flüssigkeit zum Theile getragen wird, so werden folglich die Anziehungskräfte der Röhrenwände ungleich stärker wirksam sich bezeigen müssen, als bei der Eintauchung desselben Röhrchens in eine Flüssigkeit von so großer Masse, daß dieselbe eher Anziehung auf das Röhrchen selbst äußern würde. Die Höhe, zu der das Wasser ansteigt, ist um so beträchtlicher, je kleiner der Tropfen ist und zwar darum, weil dann weniger Gewicht von Wassertheilchen gegen die Anziehung der Röhrchenmündung lastet, folglich mehr Wasser in die Höhe gehalten werden kann.

Nach Versuchen von Hauy und Tremery bei 10° C. ist in einem Haarröhrchen von Glas zu 1 Millimètre Durchmesser die Höhe des Wassers 13,569 mm, nach Newton 12,8664 mm und nach Hauy und Tremery die des Orangenöls 6,7398 mm. Die Ernie-

drigung des Quecksilbers aber nach Hauy und Tremery 7,333 mm; nach Laplace für 2 mm dicke Röhrchen von Glas 4,454 mm; nach Young 4,887 mm; nach Toory 4,888 mm; nach Cavendish 4,472 mm.

Die Phänomene der Haarröhrchen sind nicht frei von Einwirkung der Friktion der in den Röhrchen enthaltenen Massen an den Wänden derselben, welche je nach der Beschaffenheit beider Theile größer oder geringer ausfallen wird. Aus diesem Grunde differiren nicht nur die angestellten Beobachtungen, sondern dieselben werden im allgemeinen auch den Resultaten der Theorie nicht entsprechen. Selbst Versuche über die Anziehung einer Substanz in Röhrchen von verschiedener Dicke, werden den Hauptsatz darüber nicht schlechterdings bestätigen. Diese Umstände sind wichtig für die Theorie der Thermometer und Barometer.

Daß das Phänomen der Haarröhrchenwirkungen übrigens mit denjenigen Adhäsions- und Repulsionserscheinungen zusammenhänge, welche Berge und Einsenkungen von Flüssigkeiten um eingetauchte Körper verursachen, ist bereits gesagt. Die Haarröhrchen vermitteln die Erkennung der Ursachen dieser Adhäsionen und Repulsionen, indem sie mit denselben Ursachen deutlichere Erscheinungen darbieten. Viele physische Erscheinungen, das Quellen der Körper, das Feuchtwerden von Sand, Asche, Erde, die auffsaugenden Wirkungen der Schwämme, das Filtriren, das Maceriren, das Auffsteigen von fetten Oelen in Dochten, das Anschwellen von Zeugen und Fäden in der Feuchtigkeit, die Wirkungen der Bäder, das Färben und andere natürliche Erscheinungen, finden ihren Grund in der auffsaugenden Wirkung der Haarröhrchen und der haarröhrchenartigen Räume. Welche erstaunenswerthe Wirkungen durch die Thätigkeit der Kräfte, die dabei wirksam sind, hervorgebracht werden können, wenn viele Haarröhrchen ihre Wirksamkeit vereinigen, beweist die Möglichkeit, große Werkstücke von Stein zersprengen zu können, wenn quellendes Holz in der Mitte derselben angebracht und darinnen feucht gehalten wird.

(Die Theorie der Haarröhrchen von Laplace findet man übersetzt in Gilbert's Annalen der Physik, B. 33.) R.

Harmonika, chemische. Wenn man in einer Flasche auf die gewöhnliche Weise Wasserstoffgas entwickelt, (s. d. Art. Wasserstoff), den Hals der Flasche mit einem Korke verschließt, welcher von einer dünnen Röhre von Glas oder Thon durchbohrt ist, aus der das Gas dann ausströmt, die Flamme an der äußern Mündung des Rohres anzündet und über diese Flamme eine Röhre von Glas, Metall, Holz u. s. w. taucht, so entstehen eigenthümliche summende, bald niedrige bald höhere Töne. Eine solche Vorrichtung heißt eine chemische Harmonika. Die Flasche muß hinlänglich weit sein, damit die Gasentwicklung in gehöriger Menge vor sich gehen kann, ehe sie durch das Rohr emporsteigt. Zu der engen Röhre kann man sich eines Stückes einer gewöhnlichen Thonpfeife bedienen, oder auch einer Glasröhre, welche oben in eine offene Spitze zusammengeht. Das Gas darf nicht eher entzündet werden, bis man sich überzeugt halten kann,

daß alle vor der Gasentwickelung in der Flasche befindliche atmosphärische Luft vertrieben ist, damit man nicht Knallgas in der Röhre habe, welches beim Entzünden leicht eine Explosion bewirken könnte. Die Flamme muß zwischen ½ bis 1½ Zoll Länge haben. Die Gefäße welche über die Flamme gestürzt werden, müssen eine der Länge der Flamme entsprechende Weite von 1 bis 2 Zoll haben. Statt des Wasserstoffgases wendet man, wiewohl mit geringerem Erfolge, auch andere brennbare Gasarten an, als Kohlenoxydgas, ölerzeugendes Gas, Kohlenwasserstoffgas, Weingeistgas u. a. Die Gefäße, in welche die Flamme 1 bis 3 Zoll tiefer eingesenkt wird, können Kolben, Retorten, oben verschlossene oder offene Röhren von Glas, Metall und jeder beliebigen dichten Substanz sein; sie können gehalten werden wo man will, ohne daß hierdurch der Ton verändert würde; sie können sogar mit Tüchern umwunden sein. Hieraus sieht man, daß nicht Schwingungen des Glases die Ursache des Tönens sind. Nach Chladni ist der tönende Körper die Luftsäule im Innern des Gefäßes, und die Höhe des Tones beruht auf den Schwingungsgesetzen einer Luftsäule in Röhren, Pfeifen u. s. w. Der erzeugte Ton ist daher der nämliche, welcher entsteht, wenn man in das angewandte Gefäß hinein bläst. Das in die Röhre blasende Wasserstoffgas, das zugleich in dieselbe strömende Sauerstoffgas der Luft (weil das Sauerstoffgas in der Röhre durch die Verbrennung verzehrt wird) sind es, welche die Töne erzeugen. Treibt man die Flamme tiefer in das Rohr, oder steckt man von unten einen Finger in dasselbe, so werden die Schwingungsknoten der Luftsäule verändert, und es tritt damit zugleich eine Veränderung des Tones ein. Dasselbe erfolgt auch bei dem Verdecken der Röhre, ganz so wie bei gewöhnlichen Pfeifentönen. Zenneck hat hiermit übereinstimmend gefunden, daß eine Flöte, oder überhaupt jedes mit Seitenlöchern versehenes Rohr verschiedene Töne giebt, jenachdem man das eine oder das andere Loch verschließt. Zenneck hat eine Tabelle bekannt gemacht, welche die Töne angibt, die Röhren von gewisser Weite und Länge geben. Nach Faraday sind der Grund der Erscheinung die schnell aufeinander folgenden Explosionen des mit Sauerstoffgas verbrennenden Wasserstoffgases, wobei die Wände der Gefäße als Resonanz dienen; aber dann müßte der Ton nicht durch die Körperweite der Röhre, sondern durch die Aufeinanderfolge der Explosionen bestimmt werden, dieselbe Flamme folglich in allen Röhren denselben Ton erzeugen, welches nicht der Fall ist. Man kann denselben Ton endlich auch hervorbringen, wenn ein gewöhnliches Medicinglas zu ⅓ mit Wasserstoffgas und ⅔ mit atmosphärischer Luft gefüllt, und das Gasgemenge angezündet wird, indem man die Mündung des Glases abwärts hält. Dieses läßt sich leicht mit der Erklärung Chladni's, aber wohl schwerer mit der von Faraday in Uebereinstimmung bringen.

Härte ist eine relative Eigenschaft der festen Körper, welche der **Weichheit** so entgegensteht, daß wenn ein Körper härter als ein anderer ist, dieser eben darum weicher als jener ist. Es giebt darum keinen absolut harten Körper, so wenig wie einen absolut weichen, und

hart ist ein Körper nur in Bezug auf einen anderen, so daß jeder Körper hart in Bezug auf gewisse, und zugleich weich in Bezug auf andere gewisse Körper ist. Man nennt aber einen Körper dann härter als einen andern, wenn er bei der gegenseitigen Reibung der Körper aneinander die Bestandtheilchen dieses Körpers aus der Stelle zu bringen vermag, oder wenn er denselben ritzt. So kann man alle festen Naturkörper in eine gewisse Reihenfolge bringen, in welcher jeder frühere alle nachfolgenden zu ritzen vermag, also härter als diese ist. In dieser Reihe würde es einen härtesten und einen weichsten Körper geben, d. h. einen, welcher von keinem anderen Körper mehr geritzt würde und einen, welcher von allen übrigen festen Körpern geritzt würde. Die Mineralogen stellen nach einer derartigen Reihenfolge die Fossilien zusammen, und da man nicht im Stande ist den Diamant mit irgend einem anderen Körper zu ritzen, so nimmt er in dieser Reihenfolge die oberste Stelle ein.

Sehr merkwürdig ist die Erfahrung, welche Barnes und Perkins zuerst gemacht haben, daß nämlich unter gewissen Umständen ein weicher Körper auch in einen härtern einzuschneiden vermöge. Setzt man nämlich eine Scheibe von weichem Eisen in drehende Bewegung um die Axe durch ihren Mittelpunkt, und hält gegen den Rand der Scheibe einen harten Grabstichel, so greift, so lange der Rand der Scheibe eine geringere Geschwindigkeit als von 34,5 F. in einer Sec. hat, der Grabstichel den Rand der Scheibe an, überstieg die Geschwindigkeit der Bewegung aber diese Grenze, so hörte der Grabstichel auf das Eisen zu schneiden, und so wie die Scheibe eine Geschwindigkeit von 70 Fuß in der Sec. erreichte, schnitt die Scheibe in den Grabstichel ein, und zwar um so viel stärker, um wie viel die Geschwindigkeit zunahm. Diese genaueren Beobachtungen stellten Darier und Colladon an und dieselben fanden auch, daß bei einer Geschwindigkeit von 130 bis 200 Fuß in einer Secunde auch Quarz, Achat u. s. w. sich etwas schneiden ließen. Eine Uhrfeder mit der scharfen Kante der Scheibe genähert, wird augenblicklich eingeschnitten; mit der flachen Seite die Scheibe berührend, wird sie glühend. Eine Scheibe aus einer Mischung von Zinn und Kupfer brachte bloß ein Zittern in den genäherten Körpern hervor; ein Rad von Kupfer wurde auch bei einer Geschwindigkeit von mehr als 200 Fuß in einer Secunde stets vom Grabstichel angegriffen, schnitt dagegen andere Körper, welche härter als Kupfer und weicher als Stahl waren. Merkwürdig ist, daß die Kupferscheibe mit Stahl keine Wärme gab. Die Erklärung des ganzen merkwürdigen Versuches ist, daß bei der umgedrehten Scheibe jedes vom Grabstichel angegriffene Eisentheilchen mit einer Kraft gegen den Stahl wirkt, welche ein Resultat der Festigkeit des Eisens und der Geschwindigkeit der Bewegung ist; mit der Geschwindigkeit wächst also diese Kraft und kann endlich so groß werden, daß sie die Cohäsion des Stahls (welche, da der Stahl unbewegt bleibt, die stets gleichbleibende Kraft des Widerstandes am Stahl ist), überwiegt.

Die Härte zusammengesetzter Körper steht durchaus in keinem bestimmten Verhältnisse mit der Härte der Bestandtheile eines solchen

Körpers. Das zähe und mäßig harte Kupfer gibt mit den härteren Zink verbunden das sehr weiche Messing, und mit dem weichen Zinn, bei 5 Th. Kupfer und 1 Th. Zinn, das harte Glockengut, und bei 2 Th. Kupfer und 1 Th. Zinn das noch ungleich härtere Spiegelmetall. So giebt auch Eisen mit Alumium und Silicium, Chrom, Silber, Kohlenstoff (Stahl, Gußeisen), Schwefel (Schwefelkies) u. s. w. sehr harte Compositionen.

Hagel, Schloßen, Graupel, auch Steine, Kiese bezeichnet die verschiedenartigen, bald größeren, bald kleineren Eiskörper, welche zu Zeiten statt des Regens vom Himmel fallen. Einige Naturforscher finden zwischen Graupel und Hagel noch einen andern Unterschied als den der Größe. Nach Lampadius sind die Graupel nur zusammengefrorene Schneeflocken, während der Hagel wahre Eiskrystalle sind. Die Graupeln bestehen in vollkommen runden, selten nur mit einzelnen Hervorragungen versehenen Körpern, welche 1, höchstens 2 Linien im Durchmesser haben. Die Körner sind schneeweiß, undurchsichtig und nehmen bei größerer Dicke einen dünnen Eisüberzug an. Diese Graupeln kommen vorzugsweise im Winter und Frühling ohne von Gewittern begleitet zu sein vor, zur Zeit von Stürmen und heftigen Bewegungen der Atmosphäre. Der eigentliche Hagel tritt in der Regel im Sommer bei Gewittern auf, hat eine birn- oder pilzförmige Gestalt, oben eine Spitze und ein halbkreisförmiges Segment an der gegenüberstehenden Seite. Beim Herabfallen der Körner ist die Spitze meist nach oben gerichtet. Auch die Hagelkörner sind nach Buch's Beobachtungen niemals völlig durchsichtig, sondern immer milchig und trübe, und bestehen aus verschiedenen Schichten. Kämtz fand bei heftigeren Niederschlägen um die Körner stets einen glänzenden Ueberzug, den er bei genaueren Beobachtungen von Eis fand. Sehr häufig hat der Hagel die Gestalt dreiseitiger Kugelsegmente, doch kommen auch andere Formen vor. Adanson sammelte in Paris Hagelkörner, welche die Gestalt sechsflächiger, sehr stumpfer Pyramiden von 6 Linien Länge und 3 Linien Breite halten. Péron in Neu-Süd-Wales sah Hagelkörner die eine unregelmäßig prismatische Gestalt hatten. Kämtz findet zwischen Graupeln und Hagel nur den Unterschied der Größe, indem der Hagel, welcher im Sommer fällt, in der feuchteren Atmosphäre eine größere Gestalt annimmt.

Im Innern der Körner befindet sich ein Schneekern, durch welchen dieselben undurchsichtig werden; nach Arago gibt es eine Art des Hagels, bei welchen dieser Schneekern fehlt. Solche Körner entstehen, wenn aus einer Wolke Regentropfen herabfallen, und in einer der Erde näher gelegenen Region gefrieren. Da eine derartige Vertheilung der Temperatur in der Atmosphäre nur selten vorkommt, so ist auch die Erscheinung dieser Art des Hagels selten. Nach Kämtz tritt sie bei steigendem Barometer besonders dann auf, wenn warme Südwinde plötzlich durch kalte Nordwinde in der Tiefe verdrängt werden; seltener, wenn bei sinkendem Barometer ein Südwind das Uebergewicht erhielt.

Die Bildung dieser gefrorenen Regentropfen weicht von der des Hagels wesentlich ab.

Nach Muncke ist in mittleren Breiten der Durchmesser eines Hagelkornes nicht über $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Zoll, indeß kommen viel größere Massen vor, welche aber durch Vereinigung mehrer Hagelkörner entstehen.

Die Größe der zusammengeballten Körner ist oft sehr bedeutend. So fiel nach Halley am 29. April 1697 zu Flintshire in Wales Hagel von 5 Unzen Gewicht, und Taylor beobachtete am 4. Mai desselben Jahres in Hartfordshire Körner, die 14 Zoll im Umfange hatten. Parent berichtet, daß am 15. Mai 1703 zu le Perche Hagel von Faustgröße gefallen sei. Am 11. Juli 1753 las Montignot zu Toul Schloßen auf, die die Form unregelmäßiger Polyeder und einen Durchmesser von 3 Zoll besaßen. Diese großen Körner bestanden aus einer Vereinigung von mehren kleinern, die vor dem Falle auf die Erde zusammengebacken waren. Eben so beobachtete Muschenbroek zu Utrecht 1736 ein starkes Hagelwetter, bei welchem die meisten Körner die Größe eines Taubeneies hatten, einige aber, die aus mehren zusammengesetzt waren, erreichten die Größe eines Hühnereies. Crookshank berichtet von einem Gewitter, welches er in Nordamerika erlebte, wobei Hagelkörner von 13 bis 15 Zoll Umfang herabfielen, aber aus mehren kleinern zusammengebacken waren, und Hagelmassen, größer als Hühnereier, kommen in Nordamerika nach Olmsted alle Jahre vor. Bei einem Gewitter, welches sich über der Stadt Como und deren Umgegend in der Nacht vom 19. und 20. August entlud, fielen Schloßen wie Hühnereier. Man sammelte sehr viele, die mehr als 9 Unzen wogen. Eben so fand Lampadius bei dem schrecklichen Hagelwetter in Beverungen im Jahre 1792 noch nach 14 Tagen in den Kellern zusammengeflossene Haufen Hagel und darunter Stücke von 13 Loth schwer; Nöggerath aber 1822 am 7. Mai, als ein furchtbares Gewitter die Gegend um Bonn verwüstete, Hagelkörner von 2, 3, 4 bis 12 Loth an Gewicht. In demselben Jahre waren viele verheerende Gewitter, namentlich am 9. Juni in Trient, wobei Hagelkörner von 8 bis 16 Unzen Gewicht die Dachziegeln zerschmetterten. Im Jahre 1802 fiel bei Annaberg Hagel, wovon einzelne Stücke ein Pfund wogen, und bei Buck im Posener Departement von der Größe einer geballten Mannsfaust. Im Jahre 1801 hat Muncke in Hannover Hagelkörner von 8 Loth Gewicht in Menge gewogen, allein keins von 16 Loth Gewicht; in Herrenhausen aber fand man in der Dammerde des botanischen Gartens am andern Tage Eindrücke wie durch die Unterschale einer mittlern Kaffeetasse gemacht, welche auf Hagelkörner von mehr als ein Pfund Gewicht deuteten.

Die Erzählungen gränzen oft ans Abenteuerliche. Gilbert erzählt nach den Berichten öffentlicher Blätter: Am 8. Mai 1802 fiel in Ungarn bei dem Dorfe Putzemischel während eines Gewitters und Hagelwetters ein viereckiger Eisklumpen aus der Luft 3 Fuß lang, 3 Fuß breit und 2 Fuß hoch. Acht Männer vermochten nicht ihn aufzuheben; man schätzte ihn auf 11 Centner, und nach 3 Tagen fand

man noch Ueberbleibsel davon. Nicht weit davon lag noch ein zweiter Hagelklumpen von der Größe eines guten Reisekoffers. Muncke zieht dieß in Zweifel und fügt noch eine andere Erzählung hinzu, nach welcher in Mysore eine Hagelmasse von der Größe eines Elephanten herabgefallen sein soll.

Sehr merkwürdig sind die Erscheinungen, wo der Hagel fremdartige Massen in sich eingeschlossen enthält. Kämtz führt folgende Thatsachen an.

Maternus von Cilano erzählt, er habe im Juni in einem trierischen Dorfe in den gefallenen Hagelsteinen kleine Spreu mit Schnee umgeben und mit Eisrinde überzogen, beobachtet, und er fügt hinzu, daß Scheuchzer und Fromondus dasselbe gesehen hätten. Bei einem Hagelwetter in Flandern enthielten einige Hagelkörner eine dunkelbraune Substanz und eben so hat man auf dem Paramo von Guancos in einer Höhe von 2300' rothen Hagel gefunden. Im Jahre 1755 fiel beim Toben des Katlagiau auf Island ein Hagel, von welchem jedes Korn etwas Sand oder vulkanische Asche enthielt. In diesen Fällen ist es leicht begreiflich, wie die in die Höhe gehobenen Massen dann, wenn ihre Temperatur hinreichend niedrig war, die Mittelpunkte von Hagelkörnern werden konnten, indem sich der Dampf auf ihrer Oberfläche niederschlug. Schwieriger sind die beiden folgenden Thatsachen zu erklären. Es fiel nämlich im Jahre 1821 in Irland Hagel mit einem eingeschlossenen metallischen Kerne, welchen Pictet deutlich für Schwefelkies erkannte. Diese von Gilbert bezweifelte Thatsache ist durch ein ähnliches Phänomen in Sibirien bestätigt worden. In den Hagelkörnern, welche am 15. August 1824 zu Sterlitamatsk im Orenburgischen Departement herabfielen, wurden Octaëder von etwa 3 Linien Seite und fast 1 Linie Höhe gefunden, welche nach der Untersuchung von Eversmann den goldhaltigen Schwefelkiesen von Beresowsky glichen.

Es ist eine allgemein verbreitete Annahme, daß der Hagel nur bei Tage, niemals bei Nacht auftrete; doch führt Kämtz eine Reihe von Erfahrungen an, welche diese Annahme als unrichtig beweisen.

So beobachtete Hasselquist einen nächtlichen Hagel auf seiner Reise nach Palästina, eben so Péron in der Nacht vom 14. bis 15. Juni 1802 auf der Küste von Neuholland und in demselben Jahre war ein sehr starkes nächtliches Hagelwetter bei Buk im Regierungsbezirke Posen; eben so bemerkt Wöllner, daß er das Fallen des Hagels während der Nacht beobachtet habe. Am 30. Januar 1741 fiel Nachts zu Montpellier Hagel. Auch Bellani führt drei ihm bekannte nächtliche Hagelwetter an; eins am Comersee um Mitternacht vom 27. — 28. August 1778, das zweite daselbst und um dieselbe Zeit vom 19. — 20. August 1787, und das dritte bei Anbruch des Tages im Juli 1806. In der Nacht vom 25. — 26. Juli 1822 fand ein sehr lebhaftes Gewitter Statt, welches nach den von Raschig eingezogenen Nachrichten um Mitternacht in Meißen war und

bei dem so viel Hagel fiel, daß man die Früchte nicht mehr erkennen konnte, welche auf den Aeckern gestanden hatten und Hunderte von Staaren erschlagen auf dem Felde fand. Auch im Waadtlande richtete ein Hagelwetter in der Nacht vom 22. bis 23. Juli 1826 vielen Schaden in den Weinbergen an. Nachdem am 16. Juli 1829 in Halle schon Nachmittags ein Gewitter gewesen war, erhob sich gegen 11 Uhr Abends ein zweites mit heftigem Regen und Hagel, wobei einige von Kämtz gesammelte Körner einen Durchmesser von mehr als 2 Linien hatten.

Scheuchzer erzählt folgende Fälle: Im Jahre 1449 ereignete sich am Montage vor Oswald eine ungewöhnliche Witterung zu Basel um 10 Uhr Abends mit Wetterleuchten, Donner, Sturm und Hagel. Auf St. Peter und Pauli Abend 1502 kam zu Zürich über den Berg Albiß ein solch grausames Wetter, dergleichen sich Niemand zu gedenken mochte. Der Hagel erschlug alles eine halbe Meile ob der Stadt. Den 21. Juni 1574 um Mitternacht haben sich zwei schwere Gewitter zugetragen, da der Strahl in viele Bäume geschlagen. Im Wagenthal fielen Hagelsteine wie Hühnereier. Den 20. August eben d. J. zu angehender Nacht hat der Hagel im Veltlin an etlichen Orten großen Schaden gethan. Den 18. Mai 1578 auf den Abend kam ein schweres Gewitter mit großem Hagel. Am Auffahrt-Abende 1584 folgte ein schädlicher Hagel über die Stadt und Landschaft Zürich. Den 4. Juni 1586 auf den Abend kam ein schwerer Regen, darunter eine Menge Hagelsteine an Größe wie Bohnen. Den 14. Juli 1597 um Mitternacht fing es an erschrecklich zu blitzen und zu donnern. So schlug der Hagel an vielen Orten, sonderlich im Rothenburger Amte, Lucerner Gebietes, daß keine Sichel auf das Feld kam. Den 7. Juni 1623 bei angehender Nacht fiel plötzlich ein ungestüm Wetter mit Schlagregen, Donner, Blitz und Hagel. Den 12. Heumonats 1686 Abends um 9 Uhr hat sich ein ungemeiner Hagel, meistens nur über die Stadt Zürich ausgeleert. Zu diesen von Scheuchzer erzählten Thatsachen werden noch die folgenden hinzugefügt. Den 11. Juli 1689 ist in Wien und der Umgegend zwischen 9 und 10 Uhr erstaunlich großer Hagel gefallen, der viel Schaden anrichtete. Den 4. Juli 1719 hat sich zu Triest zwischen 11 und 12 Uhr Nachts ein Gewitter mit Hagel entladen; eben so war am 25. Juli 1723 in Nürnberg gegen 10 Uhr Abends ein Hagelwetter. Des Nachts zwischen den 29. und 30. Juli 1723 hatte man in Genf ein erschreckliches Gewitter mit Hagelsteinen, welche so groß wie Nüsse, ja zum Theil so groß als kleine Hühnereier waren. Den 14. Mai 1724 war zu Käsmark in Ungarn ein Sturm, welcher sich zwar vor Abends gelegt; doch entstand bald ein großes Wetterleuchten und um 9 Uhr Regen mit Hagel untermischt. Den 24. Mai 1725 war zugleich des Nachts ein starkes Gewitter in Eperies und der dabei gefallene Hagel that an vielen Orten großen Schaden. Am 17. Juni gegen 2 Uhr Morgens fiel in demselben Jahre in der Oberpfalz Hagel. Den 11. Februar 1741 früh um 4 Uhr fiel zu Altona viel Hagel, eben dieses geschah daselbst am 23. März 1751 früh um 5 Uhr und am 11. November 1751

Abends um 7 Uhr. Am 27. November 1750 fiel zu Bielitz in Oberschlesien Abends um 8 Uhr ungewöhnlich großer Hagel.

Kämtz führt noch eine Menge von Fällen an, die ich jedoch übergehen will, da die angeführten Beispiele hinreichend sind.

Die Graupeln sind im Winter häufig mit Schnee, im Sommer mit Regen vermischt; im letztern Falle sind die Körner größer und fester als im ersteren. Dieser kommt häufig auf hohen Bergen vor. Kämtz hat aus den Berichten, die er für zureichend und sicher hielt, die Vertheilung der Hagelwetter auf die Jahreszeiten in verschiedenen Gegenden versucht, seine Resultate sind folgende. Von 100 Hagelwettern fallen:

	in Frankreich u. d. Niederl.	in Deutschland	in den östl. von Deutschl. gelegenen Geg. Europas:
(im Ganzen a. d. J.	10 d. 20)	(5)	(3)
auf den Winter	32,8	10,3	9,9
„ „ Frühling	39,5	46,7	35,5
„ „ Sommer	7,0	29,4	50,6
„ „ Herbst	20,7	13,6	13,0

Diese Angaben beziehen sich jedoch nur im Allgemeinen auf größer Districte, in denen es wiederum Gegenden giebt, die sich durch seltene, andere die sich durch häufige Hagelwetter auszeichnen. Scheuchzer bemerkte, daß in einigen Thälern der Schweiz, als in Wallis und in den meisten von West nach Ost ziehenden Thälern der Hagel so selten sei, daß oft in 20 Jahren keiner falle. Nach Buch bleiben im Allgemeinen die Thäler, in welchen Cretin's vorkommen, vom Hagel verschont, so außer Wallis auch das Thal von Aosta; wo Kröpfe vorkommen ist der Hagel selten, z. B. in Unter-Engadin. Da wo die Thäler der Alpen aus dem Gebirge, das sie hoch und steil eingeschlossen hat, hervorkommen, breitet sich die Fläche gewöhnlich zu einem Hügellande aus, welches gegen die vorigen Engen als eine Ebene erscheint und nicht viel weniger erwärmt ist, als es das Thal war. Diese Flächen in der Nähe der hohen Gebirge werden jährlich vom Hagel verwüstet. Borgofranco am Ausgange des Aostathales ist kaum je in einem Jahre verschont geblieben, und Saussure fügt dieß erwähnend hinzu, man habe beobachtet, daß in den am Fuße hoher Berge gelegenen Ebenen der Hagel in einer gewissen Entfernung davon stärker und häufiger sei, als in größeren oder kleineren Entfernungen. Eben so häufig ist nach Buch der Hagel in Ivrea. In den Aemtern von Mendrisio und Lugano, am Abfalle der Alpen gegen Mailand wird in allen Berechnungen von Gütern oder Pachtzinsen vorausgesetzt, daß jährlich der zehnte Theil aller Producte vom Hagel zerstört werde.

Nach Buch kommt ferner der Hagel in höher liegenden Gegenden nicht so häufig vor als in der Tiefe.

In Cressier über dem See von Neufchatel verhageln die Weinberge häufig; Lignières am Abhange des Chaumont liegt unmittelbar darüber, 1200 Fuß höher, es regnet hier zu gleicher Zeit sehr stark, aber hagelt dann wenig oder auch gar nicht Der Hagel vermehrt und vergrößert

sich erst in der 1200 Fuß hohen Schicht bis zum Grunde des Thales. Aus dem Thale von Travers kommen im Sommer Gewitter hervor, welche sich über die erwärmten Weinberge des Seeabhanges ziehen und große Hagelkörner auf die Weinreben in dieser Gegend werfen. Im hochliegenden Thale hatte es auch geregnet, ehe das Wetter die Tiefe erreichte, allein gehagelt nur wenig. Bei Clermont in Auvergne, ganz nahe am Fuße des Gebirges, sind Gewitter äußerst gemein, und fast immer sind sie von Hagel begleitet, welcher die ganze Gegend verwüstet. Die Dörfer Blanzat, Chateaugué, Sayat scheinen jährlich zu dieser Zerstörung verdammt. Dagegen versichert Herr de Savigné, Pfarrer in Vernet auf dem Gebirge, daß solche Wetter zwischen dem Mont d'or und Puy de Dome höchst selten sind, und daß er es in 23 Jahren nur ein einziges Mal habe hageln sehen. Die Orte sind doch vielleicht von erstern oft nicht eine halbe Meile entfernt, allein sie liegen auf dem Gebirge 1200 Fuß höher.

Aus dem eben angeführten und aus der Angabe Saussure's, daß auf dem Hochgebirge der Alpen zwischen dem Schnee häufig Graupeln gefunden werden, schließt Kämtz, daß die Hagelkörner eben so wie die Regentropfen und die Schneeflocken erst während des Falles größer werden, daß sich also beim weitern Herabfallen die Graupelkörner in Hagel umwandeln.

Sehr selten ist der Hagel in den Gegenden zwischen den Wendekreisen. Diese Behauptung belegt Kämtz mit folgenden Erfahrungen.

In den tiefer liegenden Gegenden zwischen den Wendekreisen ist der Hagel sehr selten. So ist er auf dem glühenden Strande von Cumana, wo sich nur selten Regen zeigen, ganz unbekannt. Thibault de Chanvalon behauptet, es habe in Martinique nur einmal, nämlich im Jahre 1721 in der Ebene gehagelt und es sei dieses Phänomen wegen seiner Seltenheit sehr aufgefallen, eine Behauptung, welche Moreau de Jonnes für übertrieben hält. Dagegen schon in einiger Höhe hagelt es öfter; so ereignet sich in Caracas (454 Toisen) etwa alle vier oder fünf Jahre ein Hagelschauer und selbst in tieferen Thälern ereignet sich dies zuweilen, aber stets macht ein solches Phänomen einen lebhaften Eindruck auf das Volk. Der Fall von Aerolithen ist bei uns nicht seltener als der Hagel zwischen den Wendekreisen in einer Höhe, welche kleiner ist als 300 Toisen über dem Meere. Und als Humboldt seine Reise auf dem Orenoco machte, so erzählte ihm der Pater Roman in der Mission zu Pararuma, daß es dort in der Mitte des vorigen Jahrhunderts während eines heftigen Gewitters gehagelt habe. Dieses ist, fährt Humboldt fort, das einzige mir bekannte Beispiel, wo es zwischen den Wendekreisen in einer Ebene gehagelt hat, deren Höhe nicht viel über dem Meeresspiegel liegt. Da es nun in der Höhe häufiger hagelt, so hält Humboldt es für wahrscheinlich, daß die Körner während des Falles schmelzen.

Auch von anderen Gegenden in niedern Breiten wird erwähnt, daß der Hagel daselbst selten vorkomme. So erzählt Péron, daß sich die ältesten Einwohner auf Isle de France nur eines einzigen Hagelwetters erinnerten; auch in Bornu ist er nach den Berichten von Den-

ham und Clapperton selten. Auf dem Hochlande von Habesch kommen sehr starke Hagelschauer vor. In Aegypten und Palästina, wo es selten regnet, kommt auch der Hagel nicht häufig vor, wie denn der Verfasser des Pentateuch Hagelschauer zu den Wundern zählt, welche sich vor dem Auszuge der Juden aus Aegypten ereigneten.

Im hohen Norden, wo die Atmosphäre sehr wenig Dampf enthält, und wo der Regen meistens in kleinen Tropfen herabfällt, ist großkörniger Hagel selten, und Scoresby versichert, nicht oft von ihm getroffen zu sein. Daß aber Graupeln auf Grönland häufig vorkommen, geht aus den Beobachtungen von Ginge zu Gothaab auf Grönland auf's Bestimmteste hervor.

Als Vorbote von Hagelwettern wird häufig ein eigenthümliches Geräusch angegeben, welches zum Theil die aneinander stoßenden Hagelkörner, zum Theil die fast alle Hagelschauer begleitenden heftigen Luftströmungen verursachen mögen.

Den 25. Juli 1723 entstand in Nürnberg nicht ganz eine halbe Stunde nach 9 Uhr Abends mit einem heftigen Sturme aus NW. schnell ein ungewöhnliches Geräusch in der Luft, als wenn man ein großes Bund Schlüssel unter einander schüttelt. Einige Augenblicke darauf folgte großer Hagel. Volta sah diese Thatsache als ein wesentliches Kennzeichen von Hagelwolken an. Unter mehreren Erfahrungen möge noch folgende Erzählung von Morier erwähnt werden: „Die ganze Gegend um Nazik, südlich vom Araxes, hatte seit 40 Tagen keinen Regen gehabt, aber am Tage unserer Ankunft war hier ein starkes Gewitter; dabei regnete es die ganze Nacht hindurch so stark, daß unsere Zelte ganz durchweicht wurden, und wir uns genöthigt sahen, den folgenden Tag (5. Novbr.) noch in Nazik zu bleiben. Am Abend zeigte sich eine höchst merkwürdige Erscheinung. Der Himmel war mit Gewitterwolken überzogen und wir erwarteten einen Regenschauer, als ein schreckliches Geräusch gehört wurde, ähnlich demjenigen, welches eine große fortrauschende Wassermasse macht. Jedermann im Lager eilte nach der Stelle, von welcher das Geräusch kam, in der Erwartung, daß ein schneller Strom durch das Bette eines in der Nähe des Lagers liegenden Baches fließen würde. Hier angekommen sahen wir kein Wasser. Aber immer größer wurde das Geräusch, und da es sich uns näherte, wurden wir unruhig. Ein Jeder erwartete einen Orcan oder ein Erdbeben; endlich zeigten uns einige sehr große Hagelkörner, welche fast die Größe von Taubeneiern hatten, daß die Quelle dieses Geräusches über uns war; als wir nun in die Höhe sahen, entdeckten wir zwei heftige Luftströme, welche die Wolken nach verschiedenen Seiten trieben, deren Zusammentreffen das vorher unerklärliche Geräusch hervorbrachte.“

Nach Kämtz's Beobachtungen gewinnt der Sturm, welcher ein Hagelwetter begleitet, bei jedem neuen Herabfallen des Hagels an Heftigkeit. Je heftiger der Wind ist, desto größer ist auch die Gewalt des herabfallenden Hagels. Von dieser führt Muncke nachstehende Beispiele an.

„Menschen werden nicht leicht dadurch bedeutend beschädigt, noch

Digitized by Google

weniger erschlagen, weil sie zeitig Schutz suchen; dennoch sollen 1717 durch ein Hagelwetter mehre Menschen und Stücke Vieh erschlagen worden sein; desgleichen 1731 bei Olmütz in Mähren mehre Personen und 1767 bei Potsdam ein Ochse; auch wurde einem Bauer ein Arm abgeschlagen. Aus den ältern Zeiten findet sich eine Nachricht bei Macrizi, welcher erzählt, daß im Jahre 716 der Hedschra, also 1316 unserer Zeitrechnung, in Syrien ein starker Hagel fiel, wodurch mehre Menschen und Thiere erschlagen und ausgedehnte Strecken verheert wurden. Inzwischen sind diese Nachrichten keineswegs so verificirt, daß sie unbedingten Glauben verdienten. Weit mehr ist dieses der Fall bei der in öffentlichen Blättern mit allen einzelnen Umständen mitgetheilten Nachricht von dem starken Hagelwetter, welches 1822 am 9. Juni bei Trient von drei Kindern auf dem Felde ein 16jähriges Mädchen so verwundete, daß es nach einigen Tagen starb. Wie sehr ein solcher Fall unter die außerordentlich seltenen gehören müsse, dieses ergibt sich schon daraus, daß nach genauen Erkundigungen bei dem ungeheuern Hagelwetter in Frankreich 1788 kein Mensch bedeutend beschädigt wurde, von einigen getödteten Schafen blieb es indeß ungewiß, ob sie vom Blitze oder durch den Hagel erschlagen waren. Dagegen fand es sich sowohl bei diesem als auch bei dem von mir (Muncke) in Hannover 1801 beobachteten, daß viele Hasen, Rebhühner, Raben, Drosseln und Spatzen erschlagen wurden, und ein Landmann in Herrenhausen sammelte allein 20 getödtete Spatzen; Personen, welche der Hagel auf dem Felde überraschte, hatten blaue Schwielen, Kühe hatten Beulen und Schafe waren am Kopfe und den Ohren beschädigt. Bei dem oben erwähnten Hagelwetter auf der Orkadischen Insel Stronsa wurde ein Knabe im Nacken so heftig verwundet, daß er nach mehren Monaten noch nicht wieder hergestellt war, Pferde und Kühe im Freien waren alle mehr oder weniger stark verwundet und blutend, von einer Heerde Gänse waren die meisten erschlagen oder verstümmelt, das Meer trieb viele erschlagene Vögel aus Land, und als der Hagel weggeschmolzen war, fand man viele todt auf dem Boden liegend. Einige der jüngeren Pferde waren so zerschlagen und erschreckt, daß sie betäubt hingestreckt lagen und nie wieder völlig zu gesunden Kräften kamen. Daß der Hagel die stärksten Dachschiefer zerschlagen habe, berichtet Delcros als von ihm beobachtete Thatsache, indeß ist es eine sowohl durch Muncke als auch durch viele andere gemachte Erfahrung, daß weder die Schiefer noch die Ziegel der Dächer den größeren Hagelkörnern widerstehen. Eben so habe ich (Muncke) gesehen, daß Fensterscheiben von vorzüglicher Stärke durch den Hagel nicht blos zerschlagen wurden, sondern auch daß die Bruchstücke davon zusammt den Hagelkörnern in einem langen Saale bis 25 Par. F. hingeschleudert waren. Man kann es hiernach nicht auffallend finden, daß der Hagel die stärksten Pflanzen zerschlägt, auch Weinreben und Aeste von zwei Linien Dicke zerbricht. Hieraus erklärt sich dann leicht der unermeßliche Schaden, welchen ein weit sich verbreitendes Hagelwetter anrichten kann, und welcher 1788 in Frankreich nicht übertrieben auf fast 25 Millionen Livres abgeschätzt wurde.“

Vor der Entstehung eines Hagelwetters pflegt sich im Sommer der Himmel wie bei Gewittern mit weißen Federwolken zu überziehen, in denen Kämtz öfters Höfe oder Spuren von Nebensonnen entdeckte. Derselbe sagt, er habe nur im Frühlinge und Winter aus einem einzigen schnell in einen Nimbus (Regenwolke) verwandelten Cumulus (Haufenwolke) auf heiterem Grunde hageln sehen; im Sommer habe er stets zwei Wolkenschichten bemerkt, auf welchen Umstand auch Volta aufmerksam macht. Die Hagelwolken selbst scheinen eine große Dicke zu haben, und unterscheiden sich von andern Gewitterwolken durch einen sehr merkwürdigen aschgrauen Farbenton. An den Rändern sind sie vielfach zerzaust, und auf der Oberfläche zeigen sich hie und da sehr große unregelmäßige Auswüchse, so daß sie geschwollen zu sein scheinen. Zuweilen auch bilden die Hagelwolken einen traubenartigen Schlauch, welcher sich im Fortgange tiefer herabsenkt und zuletzt fast die Erde berührt, ehe er sich seiner Bürde entledigt. Es findet ferner bei Hagelwettern eine Verdunkelung statt, welche Tessier mit der einer totalen Sonnenfinsterniß vergleicht. Muncke bemerkt noch, er glaube bemerkt zu haben, daß beim Beginnen von Hagelwettern, wie bei sehr schweren Gewittern, einzelne Blitze und ein abgeschnittener prasselnder Donner minder häufig beobachtet wären, als vielmehr eine dem Wetterleuchten ähnliche anhaltende Erhellung und ein ununterbrochenes dumpfes Rollen des Donners. Hat eine Gewitterwolke schon eine Zeitlang geregnet, so ist man in der Regel gegen Hagelschlag, hauptsächlich gegen verheerende Hagelwetter gesichert; in den bei weiten meisten Fällen dagegen rückt das Hagelwetter mit den beschriebenen Phänomenen heran, es erfolgt ein hervorstechender heftiger Donner, hiernach fallen einzeln, sehr dicke Regentropfen, deren Fallen meistens hörbar heftig ist, demnächst einzelne kleine Hagelkörner, wobei die Gefahr um so größer ist, je weniger diese von vielen und kleinen Regentropfen begleitet sind, und endlich erfolgt das Hageln selbst, welches in sehr kurzen Pausen einer geringeren Heftigkeit und bei begleitendem heftigen Blitzen und Donnern nur einige Minuten anzuhalten pflegt. Die Dunkelheit, das Brausen in der Luft, die heftigen Blitze mit furchtbarem Donner, das Prasseln der Hagelkörner auf dem Straßenpflaster und den Dächern, das Zerschlagen der Fenster, welches alles überraschend schnell heranbricht, erfüllen Menschen und auch Thiere mit einer Art von Bangigkeit und Furcht. Bei allen Hagelwettern findet eine bedeutende Herabdrückung der Temperatur statt.

Die Hagelwetter verbreiten sich fast stets nur über einen geringen Raum. Die getroffenen Stellen sollen nach Musschenbrök nur eine Breite von einigen hundert Ellen haben, ihre Länge jedoch kann bedeutender sein. Sehr genau ist das Hagelwetter in Frankreich im Jahre 1788 beobachtet und von Tessier beschrieben worden. Kämtz theilt Folgendes darüber mit.

Das Gewitter begann im südlichen Frankreich frühmorgens am 13. Juli 1788, ging in wenigen Stunden über das ganze Königreich, und erstreckte sich selbst bis nach Holland. Die vom Hagel getroffenen Orte bildeten zwei parallele von Südwest nach Nordost gerichtete Zonen.

Digitized by Google

Die eine dieser Zonen besaß eine Länge von 175 Lieues, die andere von ungefähr 200. Die mittlere Breite der westlichen Hagelzone betrug 4 Lieues, die der andern nur zwei. Auf den Raum zwischen beiden Zonen, der im Mittel fünf Lieues breit war, fiel kein Hagel, dagegen ein sehr starker Regen. Auch ostwärts von der östlichen, so wie westwärts von der westlichen Hagelzone regnete es stark. Ueberall ging dem Hagelwetter eine dicke Finsterniß voraus, und diese erstreckte sich selbst bis weit von den behagelten Gegenden. Durch Vergleichung der Zeit, zu welcher es an den verschiedenen Orten gehagelt hatte, fand sich, daß das Gewitter von Süden nach Norden 16½ Lieues in einer Stunde zurückgelegt haben mußte, und daß diese Geschwindigkeit in beiden Zonen genau dieselbe gewesen war. Auf der westlichen Zone hagelte es in la Rochelle, wo es die ganze Nacht gewittert hatte, am 12. um 5½ Uhr Morgens, in Touraine bei Loches um 6½ Uhr Morgens, bei Chartres um 7½, zu Rambouillet um 8, zu Pontoise um 8½, zu Clermont in Beauvoisis um 9, zu Douay um 11, zu Courtrai um 12½ und zu Vließingen um 1½ Uhr. Auf der östlichen Zone erreichte das Gewitter: Artenay bei Orleans um 7½ Uhr Morgens, Andonville in Beauce um 8, die Vorstadt St. Antoine von Paris um 8½, Crespy in Valois um 9½, Chateau-Cambresis um 11, Utrecht um 2½ Uhr. An jedem Orte hagelte es nur 7 bis 8 Minuten lang.

Kämtz ist der Meinung, daß nicht eine einzige Hagelwolke diese ganze Strecke zurück legte, sondern daß vielmehr eine fortschreitende Hagelbildung stattgefunden habe, so also, daß es stets neue Wetterwolken waren aus denen der Hagel herabfiel. Er macht darauf aufmerksam, wie an jenem Tage auch in ganz Deutschland eine Disposition zur Entstehung elektrischer Niederschläge stattgefunden habe.

Die Entstehung des Hagels ist von den Naturforschern noch bei weitem nicht hinreichend erforscht, obschon sich die größten Physiker mit der Erklärung der Hagelbildung beschäftigt haben. Nach Kämtz ist zur Bildung eines Hagelwetters im Sommer nöthig, daß sich die Atmosphäre in großer Ruhe befinde, namentlich in den weiteren Entfernungen von der Oberfläche. Ferner muß eine lebhafte Einwirkung der Sonne auf den Boden stattfinden, wobei das Thermometer einen für die Jahreszeit ungewöhnlich hohen Stand erhält. Meistens ist dann die Atmosphäre dem Zustande der Sättigung nahe, die Hitze ist uns mehr oder weniger drückend, obgleich das Thermometer keineswegs einen entsprechend hohen Grad von Wärme anzeigt. Dadurch erhält die Luft eine sehr starke Steigkraft und der aufsteigende Strom wird lebhaft um so mehr, da die Atmosphäre in den höheren Regionen eine Temperatur hat, welche weit geringer ist, als es die Temperatur der Ebene und das Gesetz, welches im Allgemeinen für die mittlere Abnahme der Wärme mit der Höhe gilt, erfordert.*) Kämtz zeigt aus Beobachtungen, daß namentlich bei Hagelwettern (im Allgemeinen stets an Tagen wo Gewitter entstehen) die Wärmeabnahme mit der Höhe

*) Siehe den Artikel Erde.

der Atmosphäre ungleich bedeutender sei als gewöhnlich. Steigt nun der Dampf in die Höhe, so kommt er nach und nach in Regionen, wo die Temperatur weit niedriger ist, als seine Elasticität erfordert; er wird daher condensirt. (Siehe den Artikel Dampf). Die Federwolken, mit denen die Bildung eines Hagelwetters beginnt, sind Schneewolken, wie dieses aus denen so häufig in ihnen erscheinenden Höfen zu schließen ist. Die Höhe dieser Federwolken setzt Kämtz nach einer sehr ungefähren Schätzung auf 12,000 Fuß, wo dann nach den Erfahrungen etwa eine Kälte von — 25° C. stattfände, bei welcher Temperatur Eisbildung möglich wäre. Die Federwolken sind hiernach der eigentliche Sitz der Hagelbildung, doch würden die herabfallenden Schnee- und Eisgebilde beim Herabfallen schmelzen, die Schneeflocken verdunsten, wenn nicht noch andere Umstände einträten.

„Erst wenn die Atmosphäre so feucht ist, daß sich Cumuli bilden, wird die Verdunstung der Schneeflocken erschwert. Jetzt aber wird die Zahl und Ausdehnung der Luftströme immer größer, es können dann, wenn das stabile Gleichgewicht gestört ist, kalte Luftmassen mit großer Schnelligkeit in die Tiefe sinken, und dadurch die Condensation befördern. Wenn dann eine solche Luftmasse sich senkt, so werden Winde nach allen Seiten wehen, was wir auch jedesmal bei Hagelwettern an dem Zuge der Wolken sehen, welche nach allen Richtungen mit ungeheurer Schnelligkeit eilend, einen hinreichenden Beweis von der großen Unruhe der Atmosphäre geben. Stürzt eine solche Luftmasse in die Tiefe, dann werden die Hagelkörner durch den Nimbus in die Tiefe geführt; sind die Körner selbst hinreichend groß, ihre Temperatur hinreichend niedrig, so wird in jedem Moment auf ihrer Oberfläche Dampf niedergeschlagen, ihr Volumen nimmt an Umfang zu. Wenn der erste Hagel herabfällt, so trifft er noch auf eine erwärmtere Luft; schlägt sich auf seiner Oberfläche ein Dampftheilchen nieder, so wird dieses vielleicht noch die Gestalt eines Schneeflöckchens annehmen, aber im weitern Verlaufe wird die Atmosphäre theils durch den kalten Hagel, theils durch den wahrscheinlich tiefer herabsinkenden kalten Luftstrom dem Zustande der Sättigung näher gebracht; das Wasser schlägt sich bei jedem folgenden Niederschlage auf der Oberfläche der Körner in größerer Menge nieder, es kann nicht mehr regelmäßig krystallisiren, sondern bildet eine dicke durchsichtige Rinde um den undurchsichtigen Schneekern."

Die merkwürdige Erscheinung, daß sich im Innern der Hagelkörner zuweilen fremdartige feste Körper befinden, kann man nur daraus erklären, daß diese Körper durch Winde oder Stürme in die Höhe geführt wurden, und daß die Eiskrystalle sich um sie anlegten, nach der Erfahrung, daß spitze feste Körper die Eisbildung hervorzurufen pflegen, so bald überhaupt eine Disposition zu derselben stattfindet.*) Wie aber die in den Hagelkörnern gefundenen Schwefelkiese hinein gekommen, ist schwer zu erklären, vielleicht sind es Meteorsteine, die in der

*) Vergleiche den Artikel Eis.

Luft schwebten, vielleicht Krystallgebilde aus Dünsten der Atmosphäre auf ähnliche Weise gebildet, wie das Eis aus den Wasserdünsten.

Die Elektricität, welche bei Hagelwettern (in Gewittern) auftritt ist, wenn die angeführte Erklärung richtig ist, nicht sowohl eine Ursache der Hagelbildung, sondern ein dieselbe stets begleitendes Phänomen, man kann sie sogar als eine Folge des Hagels ansehen, indem sowohl bei der Krystallbildung (und das ist jede Eisbildung) Elektricität auftreten, als auch beim Fallen des Hagels durch die Reibung der harten Körper in der Luft Elektricität erregt werden muß. Man hat verschiedene Versuche gemacht, die Hagelwetter, ähnlich wie den Blitz abzuleiten; aber das einstimmige Urtheil der Physiker erklärt diese Versuche für mißlungen. Namentlich hat man geglaubt, durch Ableitung der Elektricität mittelst Stangen (Hagelableiter) die Hagelwetter verhindern zu können, aber sowohl die Wissenschaft zeigt die Unmöglichkeit einer solchen Ableitung auf, als auch die tägliche Erfahrung, daß es auch auf Wälder und Blitzableiter hagelt. (Vergl. den Art. Blitzableiter.)

Hebel heißt jeder unbeugsame unzerbrechliche Körper, auf welchen zwei Kräfte im entgegengesetzten Sinne so wirken, daß derselbe um einen unterstützten Punkt sich dreht, oder auf der Unterlage ruhend, beide Kräfte im Gleichgewichte erhält. Auf dem Hebel beruht fast das ganze Maschinenwesen. Das einfachste Beispiel wie man sich des Hebels bedient, bietet die gewöhnliche Brechstange dar. Es soll z. B. ein Stein gehoben werden: man nimmt eine feste Stange (Hebebaum), bringt das eine (gewöhnlich zugeschärfte) Ende der Stange unter den Stein, legt dann die Stange etwas weiter oben auf irgend einen festen Punkt (etwa einen anderen Stein) auf, und drückt nun auf das entgegengesetzte Ende der Stange, so hebt sich der Stein. Die im entgegengesetzten Sinne wirkenden Kräfte sind hier auf der einen Seite das Gewicht des Steines, welcher zu heben, auf der andern Seite die Kraft des drückenden Menschen; der unterstützte Punkt, um welchen sich der Hebebaum dreht, ist über dem untergelegten Steine. Die Stange, sieht man, wird nur dann als Hebel zu brauchen sein, wenn sie sich nicht beugt oder gar bricht. Ein Körper kann nur insofern als Hebel dienen, wenn er sich nicht beugt oder bricht. Man muß nun bei der mathematischen Betrachtung des Hebels voraussetzen, daß man es mit einem durchaus unbeugsamen und unzerbrechlichen Körper zu thun habe. Bei dem Hebel kommt es nicht darauf an wie dick er sei, sondern allein darauf, daß er unbeugsam und und unzerbrechlich sei; es wird daher für den dünnsten Körper den man als Hebel anwendet, dasselbe gelten, was von dem dicksten, und da man nun, wenn man sich einen Körper immer dünner und dünner werdend vorstellt, zuletzt zur Linie kommt, so nimmt man in der mathemathischen Betrachtung des Hebels diesen sogleich als Linie an. Man unterscheidet daher den physischen Hebel (wie er allein in der Natur — als Körper — zur Anwendung kommt) vom mathematischen Hebel, welcher eine bloße Linie ist. Die Gesetze welche für den mathematischen Hebel gelten, haben jedoch auch für den

physischen Gültigkeit, denn dieser ist nichts Anderes als ein Bündel unzählig vieler mathematischer Hebel.

Man nennt den unterstützten Punkt des Hebels den Unterstützungspunkt, den Bewegungs- oder Umdrehungspunkt, auch den Ruhepunkt; der Gegenstand welcher die Unterstützung darbietet, heißt die Unterlage, das Hypomochlion (griech. v. ὑπό unter und μοχλός Hebel.) AB (Fig. 1.) ist ein Hebel, O sein Unterstützungspunkt, M das Hypomochlion, A und B sind die Enden, gegen welche die Kräfte P und Q wirken, so heißen AO und BO die Arme des Hebels; A und B sind die Angriffspunkte, und ein solcher Hebel bei dem der Unterstützungspunkt zwischen den Angriffspunkten liegt, heißt ein zweiarmiger Hebel. Befindet sich dagegen der Unterstützungspunkt (wie Fig. 3.) in O an dem einen Ende des Hebels, und die beiden Angriffspunkte auf Einer Seite vom Unterstützungspunkte, so heißt der Hebel ein einarmiger Hebel. Der zweiarmige Hebel heißt auch Hebel der ersten Art; der einarmige, wenn der Angriffspunkt der hebenden Kraft am Ende des Hebels und der Angriffspunkt der zu hebenden Last zwischen diesem und dem Umdrehungspunkte sich befindet — Hebel der zweiten Art; der einarmige Hebel endlich, wenn der Angriffspunkt der hebenden Kraft zwischen dem Unterstützungspunkte und dem Angriffspunkte der zu hebenden Kraft liegt — Hebel der dritten Art. Eine besondere Art des zweiarmigen Hebels ist der Winkelhebel (Fig. 4.), wo O der Umdrehungspunkt ist, und die beiden Arme AO und OB einen (unveränderlichen) Winkel AOB mit einander machen.

Um nun die Art und Weise kennen zu lernen, in welcher Kräfte gegen den Hebel wirken, nimmt man zunächst an, daß die Kräfte senkrecht gegen den Hebel gerichtet sind, also daß A durch die Kraft P und B durch die Kraft Q (Fig. 1., 2., 3., 4.) in den Richtungen AP und BQ sollicitirt wird. Man kann zunächst fragen, in welchem Verhältnisse die Kräfte P und Q sein müssen, um sich bei ihrem jedesmaligen Abstande vom Umdrehungspunkte das Gleichgewicht zu halten, d. h. so gegen den Hebel zu wirken, daß dieser unbewegt bleibt. Das Gesetz des Gleichgewichtes der Kräfte am Hebel ist: Am geradlinigen mathematischen Hebel stehen senkrecht wirkende Kräfte im Gleichgewicht, wenn sie sich verkehrt wie ihre Entfernungen vom Unterstützungspunkte verhalten; ist also P die eine, Q die andere Kraft, die Entfernung des Angriffspunktes der Kraft P vom Unterstützungspunkte L, die der Kraft Q aber l, so muß sich verhalten $P : Q = l : L$, wenn Q und P im Gleichgewicht bleiben sollen, oder es muß $PL = Ql$ sein, die Produkte der Entfernungen der Angriffspunkte vom Unterstützungspunkte in die bewegenden Kräfte müssen gleich sein. Ist also z. B. in (Fig. 1.) $AO = OB$, so muß auch $P = Q$ sein, wenn AB unbewegt bleiben soll; oder ist (Fig. 2.) $AO = \frac{1}{2} OB$, so muß $Q = \frac{1}{2} P$ sein, wenn Gleichgewicht stattfinden soll, denn dann ist

$$P : Q = OB : AO = l : L, \text{ und } PL = Ql.$$

Was vom zweiarmigen Hebel gilt auch vom einarmigen Hebel.

Ist z. B. (Fig. 3.) OA = ½ OB, so muß P : Q = OB : OA, d. h. ½ P = Q sein. Der allgemeine elementare Beweis des Satzes ist nach Grunert's Darstellung desselben nachstehender.

Derselbe beruhet auf 2 Axiomen, nämlich: 1) Zwei gleiche Gewichte am gleicharmigen Hebel in gleichen Entfernungen vom Ruhepunkte müssen im Gleichgewichte sein, weil auf keiner Seite eine Ursache der Bewegung stattfindet; 2) die beiden Gewichte P und P′ drücken auf die Unterlage mit einer Kraft, welche der Summe ihrer Gewichte gleich ist, und wenn man daher im Mittelpunkte des Hebels eine dieser gleiche aufwärts wirkende Kraft anbringt, so müssen die entgegengesetzten Kräfte P, P′ und (P + P′) mit einander im Gleichgewichte sein; ein nicht durch sich selbst evidenter Satz, dessen Beweisführung folgende ist.

a. Am gleicharmigen Hebel sind die gleichen Gewichte P und P′ im Gleichgewichte nach Nr. 1., wenn die Entfernung ac = bc = A ist. (Fig. 6.)

b. Da nach Nr. 2. das Gleichgewicht noch fortbauern muß, wenn man in c eine Kraft = 2 P aufwärts wirken läßt, (Fig. 7.), so muß dieses auch dann noch stattfinden, wenn man P wegnimmt, den Hebel aber in a so befestigt, daß er um diesen Punkt gedreht werden kann. Hiernach ist aber am einarmigen Hebel das einfache Gewicht in doppelter Entfernung mit dem doppelten Gewichte in einfacher Entfernung im Gleichgewichte.

c. Wird der eben beschriebene Hebel so verändert, daß man ihn bis nach d verlängert (Fig. 8.), hier mit 2 P beschwert, und damit zugleich 2 P in c ins Gleichgewicht bringt, so muß nach Nr. 1. das Gleichgewicht fortbauern, und dieses wird auch dann der Fall sein, wenn man die beiden entgegengesetzten Kräfte in c wegläßt, wonach also auch am zweiarmigen Hebel das einfache Gewicht in doppelter Entfernung mit dem doppelten in einfacher Entfernung ins Gleichgewicht kommt.

d. Gibt man dem eben beschriebenen Hebel statt der festen Unterlage bei a ein Gegengewicht (Fig. 9.), welches der Summe beider Gewichte gleich ist, nimmt man vom Ende d das Gewicht 2 P weg, und macht dieses unbeweglich, so muß beim einarmigen Hebel das Gleichgewicht nach Nr. 2. abermals hergestellt sein.

e. Verlängert man diesen Hebel bis e (Fig. 10.) und beschwert ihn durch die gleichen herabhängende Gewichte = 3 P, so muß das Gleichgewicht nach Nr. 1. wieder hergestellt sein, und also auch für den doppelarmigen Hebel nach Wegnahme der einander entgegengesetzt wirkenden Gewichte noch stattfinden, so daß also auch hierbei das dreifache Gewicht in einfacher Entfernung dem einfachen in dreifacher Entfernung vom Unterstützungspunkte das Gleichgewicht hält.

f. Es ist leicht aufzuzeigen, daß man auf diese Weise durch stete Verlängerung des Hebelarmes und die Vermehrung der Gewichte um die anfängliche Einheit zu dem Satze gelangt, daß für beide Arten des Hebels das einfache Gewicht in der n fachen Entfernung dem n fachen Gewichte in der einfachen Entfernung das Gleichgewicht hält. Um

dann die völlige Allgemeinheit des Gesetzes des Hebels zu erweisen, darf nur bewiesen werden, daß dasselbe auch für die (n + 1) fache Vermehrung gilt, wenn es für die n fache erwiesen ist. Dieses kann aber auf folgende Weise geschehen. Es sei an einem gegebenen Hebel nP mit P im Gleichgewichte (Fig. 11.), wenn cb = n (ac) ist. Wird dann in c eine (n + 1) P fache aufwärts wirkende Kraft angenommen, so ist nach Nr. 2. das Gleichgewicht nicht aufgehoben, wenn man den Hebelarm in a drehbar befestigt und nP wegnimmt. Verlängert man den Hebelarm von a bis d, so daß ac = da ist, und läßt von d und c herab (n + 1) P hängen (Fig. 12.), so ist das Gleichgewicht nach Nr. 1. bestehend, und muß auch fortbestehen, wenn die gleichen entgegengesetzten Gewichte weggenommen werden. Hiernach ist das Gesetz also für das (n + 1) fache Gewicht und die (n + 1) fache Entfernung gültig, und da es oben für n = 3 bewiesen ist, so ist es auch für n = 4, 5, 6 .... gültig, wenn man diese Zahlen nach einander = n setzt; also ist seine Allgemeinheit bewiesen.

Man sieht sogleich von welcher außerordentlichen Wirksamkeit der Hebel ist, wie er als Mittel dient, einer großen Kraft durch eine kleine das Gleichgewicht zu halten, oder sie sogar zu überwinden. In Fig. 2. z. B. sei P ein Gewicht von 5 Centnern, so braucht Q nur 1 Ctr. zu wiegen, so werden sich P und Q dennoch das Gleichgewicht halten, und ist Q nur etwas schwerer so zieht es OB herab, AO geht in die Höhe und P wird folglich gehoben.

Für den Winkelhebel AOB (Fig. 4), gegen welchen die Kräfte P und Q wirken, gilt das angegebene Gesetz gleichfalls, so lange diese Kräfte senkrecht gegen die Arme des Hebels wirken.

Betrachten wir nun aber den Fall, wo die Kräfte nicht senkrecht, sondern in beliebigen schiefen Winkeln gegen die Arme des Hebels wirken, z. B. wie in Fig. 5., P und Q. Denken wir uns einen anderen Winkelhebel A′OB′, der gleichfalls in O seinen Umdrehungspunkt hat, dessen Arme A′O und B′O aber senkrecht auf die Richtungen AP und BQ der Kräfte P und Q sind; so ist klar, daß diese beiden Hebel der eine nicht ohne den anderen bewegt werden kann durch die Kräfte P und Q, denn sonst würde sogleich die Bedingung der Rechtwinklichkeit unter welcher A′OB′ angenommen wurde, aufgehoben sein. Es werden sich also P und Q das Gleichgewicht dann halten, in Bezug auf AOB, wenn sie zugleich auch in Bezug auf A′OB′ im Gleichgewichte sind, d. h. wenn sich verhält: P : Q = OB′ : A′O. Auch für die übrigen Arten des Hebels kann eine ganz ähnliche Betrachtung angestellt werden, und so heißt das Gesetz des Gleichgewichts der Kräfte am Hebel unter der Voraussetzung des schiefen Zuges: Die Kräfte sind dann im Gleichgewicht, wenn sie sich verhalten, umgekehrt wie die Perpendikel vom Drehungspunkte auf die Richtungen dieser Kräfte. In diesem Gesetze ist das früher angegebene für den Fall, daß die Richtungen der Kräfte senkrecht sind, eigentlich schon mit enthalten.

Während (Fig. 2.) B nach B′ bewegt wird, geht A nach A′;

Digitized by Google

es ist aber BB′ : AA′ = OB : OA, d. h. die in gleichen Zeiten zurückgelegten Bogen, verhalten sich gerade wie die Entfernungen der Angriffspunkte vom Drehungspunkte.

Heber, gekrümmter, heißt eine umgebogene an beiden Enden offene Röhre, wie abc Fig. 13. in einfachster Gestalt darstellt. Jeder Theil der Röhre von der Biegung an gerechnet, heißt ein Schenkel des Hebers. Wird diese Röhre abc mit dem einen Schenkel ab in das mit Wasser gefüllte Gefäß A gesenkt, und bewirkt man sodann durch Saugen oder auf irgend eine andere Weise, daß das Wasser, welches durch die bloße Einsenkung nur bis zu seinem Niveau de in der Röhre steigt, die ganze Röhre abc erfüllt, so läuft dasselbe bei c aus der Röhre heraus und zwar so lange, als noch das Niveau des Wassers im Gefäße über der Mündung a der Röhre sich befindet. Da bei dieser Vorrichtung das Wasser bis b gehoben wird, so hat das Instrument den Namen Heber erhalten, und man bedient sich desselben um eine Flüssigkeit (denn an die Stelle des Wassers im Gefäße kann natürlich jede andere Flüssigkeit treten) auf bequeme Weise in ein anderes Gefäß überzuleiten, so wie zur Herstellung einer Menge sogleich näher anzugebender interessanter Spielereien. Der ganze Hergang der Erscheinung am Heber wird durch folgende Betrachtung verständlich. Das Wasser im Gefäße A steht unter dem Drucke der Atmosphäre und eben so auch das Wasser in der Röhre abc. So wie man aber an c saugt, wird die Luft in der Röhre oberhalb des in ihr enthaltenen Wassers verdünnt, und da nun ein schwächerer Gegendruck der Luft innerhalb der Röhre stattfindet als auf das Gefäß, so wird aus dem Gefäße Wasser in der Röhre emporgedrückt, und zwar, wenn man mit Saugen so lange fortfährt, bis dasselbe bei c auszulaufen beginnt. Nimmt man nun den Mund von der Röhre, so muß das Wasser seiner Schwere folgend von h (in gleichem Niveau mit dem Gefäße) ab sich heruntersenken; da aber über h ein luftleerer Raum entstehen würde, so drängt sich augenblicklich eben so viel Wasser durch a in die Röhre nach, als durch c abfließt. Dieß wird so lange fortdauern, bis das Wasser unter a im Gefäße A gesunken ist. Reicht a bis auf den Boden des Gefäßes A, so wird dieses durch den Heber abc vollkommen entleert werden. Da durch den Druck der Atmosphäre das Wasser nur bis zu einer Höhe von 32 Fuß gehoben wird,*) so darf ab nicht länger als 32 Fuß sein. Endlich muß die Mündung c tiefer liegen als die Wasserfläche im Gefäße, denn das Stück bh = be wird durch den Druck der Atmosphäre gehalten, und bei einer Röhre welche bei h abgeschnitten wäre, müßte das Wasser bei h stehen bleiben ohne auszulaufen, wenn gar keine Luft zwischen dem Wasser und der Röhre durchdringen könnte. Da dieß letztere jedoch immer der Fall ist, so wird bei einer solchen Röhre (oder einer noch kürzeren) nach dem Saugen das Wasser von b aus ablaufen, und das Wasser in be in

---

*) Siehe die Artik. Atmosphäre und Barometer.

das Gefäß A zurückgehen, das Niveau des Wassers in abc also wieder die Höhe de erreichen. Gewöhnlich ist der ausgießende Schenkel des Hebers bc länger als der andere ac. Nach dem Vorhergehenden braucht dies jedoch nicht nothwendig der Fall zu sein. Es kann auch ab = bc sein, wie in Fig. 14. Dieser Heber wird nothwendig so lange Wasser ausgießen als die Wasserfläche de im Gefäße über a liegt. Ist endlich de unter a gekommen, so müßten der Theorie nach beide Schenkel mit Wasser gefüllt bleiben, ohne das fernerhin Wasser bei c ausläuft. Dieß beginnt aber sogleich wieder, wenn in das Gefäß von Neuem Wasser zugegoßen wird. Ein solcher Heber heißt ein würtembergischer.

Der Heber ist schon sehr lange bekannt. Schon Heron von Alexandrien hat denselben gekannt, und die Einrichtung mancherlei bekannter Kunstwerke auf denselben gegründet.

Der Heber hat mannigfach abgeänderte Einrichtungen, welche sich meist darauf beziehen, wie der Heber um in Thätigkeit zu kommen, vorerst zu behandeln sei. Man kann ihn vor dem Einsenken mit der betreffenden Flüssigkeit füllen, die Mündungen verschließen, ihn umwenden, mit einem Schenkel in die Flüssigkeit senken und die Mündungen öffnen. Er wird sogleich fließen. Gewöhnlich bedient man sich angegebener Maßen des Saugens. Unter Umständen wo man mit dem Munde nicht wohl zu dem einen Ende des Hebers zu kann, oder wenn beide Enden des Hebers in die Flüssigkeit tauchen, kann man sich einer Vorrichtung wie Fig. 15. bedienen, wo über der Biegung der Heberröhre ein in die Höhe gehendes Mundstück zum Saugen angebracht und mit einem Hahne versehen ist. Eine andere Vorrichtung, den sogenannten doppelten Heber, stellt Fig. 16. dar, wo db eine Röhre ist, welche nur dazu dient, durch Saugen an d den Heber abc in Thätigkeit zu setzen; man saugt bei d während man mit dem Finger die Mündung b verschließt, bis cb von Flüssigkeit erfüllt ist. — Bunten gibt die Fig. 17. abgebildete Vorrichtung an. Man bläst den längeren Schenkel an einer Stelle nicht weit unter der Biegung zu einer Kugel g auf, füllt diese und einen Theil des Schenkels mit Flüssigkeit, kehrt den Heber um, und senkt den kürzeren Schenkel in das erfüllte Gefäß, so wird die herabfließende größere Menge der Flüssigkeit in der Kugel den längeren Heberarm füllen und das Fließen bewirken, während sie sebst ohne Nachtheil mit Luft sich füllt. — Von Hempel ist folgender Vorschlag. Um den Heber zu füllen, wird der kürzere Schenkel a (Fig. 18.) in die gekrümmte Röhre g gesteckt, und dann in die Flüssigkeit herabgesenkt. Hierauf gießt man Flüssigkeit in den Trichter d, bis sich auch der längere Schenkel gefüllt hat, zieht dann das Ende a des kürzeren Schenkels aus der Röhre g und der Heber wird zu fließen fortfahren. — Eine dem doppelten Heber ähnliche Construction beschreibt Baumgartner. Der längere Schenkel des Hebers acb (Fig. 19.) wird bei b wieder umgebogen, und die lange Röhre bg endigt oben in einen Trichter, in der Biegung bei b aber befindet sich ein kleines Loch. Letzteres wird mit dem Finger geschlof-

sen und in g Flüssigkeit gegossen, bis diese bis an c hinaufsteigt, dann wird die Oeffnung bei b geöffnet und der Heber beginnt zu fließen.

Der Ventilheber ist in allen denen Fällen anwendbar, in welchen es nicht darauf ankommt, daß die Flüssigkeit in geringe Bewegung innerhalb des Gefäßes gesetzt wird. Der Heber acb (Fig. 20.) ist auf gewöhnliche Art gebogen, am kürzeren Schenkel a aber mit einem kleinen Gefäße versehen, auf dessen Boden ein gewöhnliches Klappenventil sich befindet, welches sehr leicht beweglich sein muß. Wenn dieses Ende unter das Niveau der Flüssigkeit a′a′ gesenkt wird, so füllt sich dasselbe mit einem Theile der Flüssigkeit, und wird dann der Heber stoßweise auf und niederbewegt, so hebt sich die Flüssigkeit immer mehr in dem Schenkel, weil das Ventil kein Zurückfließen gestattet, steigt über den höchsten Punkt der Krümmung bei c hinaus, und der Heber fängt mit Hülfe einiger Neigung an zu fließen.

Eine besondere Art die Füllung des Hebers zu bewirken ist noch zu erwähnen, welche dem Saugen grade entgegengesetzt ist, nämlich die des Einblasens der Luft. acb (Fig. 21.) ist ein gewöhnlicher Heber, welcher von a nach d wieder aufwärts gebogen ist. Bei a unten befindet sich eine kleine Oeffnung, durch welche die beiden Schenkel bei a mit der Flüssigkeit bis zum Niveau derselben im Gefäße sich füllen. Wenn man nach der Einsenkung in d bläst, so wird die Säule der Flüssigkeit mam durch die kleine Oeffnung nicht so schnell entweichen können, sondern über c hinausgetrieben werden, und wenn sie lang genug ist, wird der Heber zu fließen beginnen.

Da der Heber immer langsamer fließt je geringer der Unterschied des Niveaus in beiden Schenkeln wird, d. h. je tiefer die Flüssigkeit im Gefäße sinkt und je weniger tief also der Schenkel des Hebers in ihr eingesenkt erscheint; so hat man auf Mittel gesonnen, ein stets sich gleichbleibendes Eingesenktsein des Hebers zu bewirken. Man kann, um dieß zu bewerkstelligen, auf der Oberfläche der Flüssigkeit mm (Fig. 22.) den hohlen Kranz BB schwimmen lassen, durch eine Oeffnung in demselben den einen Schenkel a des Hebers stecken, während der andere Schenkel über den Rand des Gefäßes hinausgeht. Der Kranz BB welcher solchergestalt auf der Flüssigkeit schwimmt, geht nun mit dem Niveau derselben herab; der Heber bleibt fortwährend gleich tief in die Flüssigkeit eingesenkt, und die Geschwindigkeit des Abfließens bleibt unverändert.

Der Reiselsche oder Würtembergsche Heber wurde zuerst als eine Widerlegung der richtigen Theorie des Hebers aufgestellt, läßt sich aber in den Erscheinungen, welche er darbietet, leicht auf die gewöhnlichen Wirkungen des Hebers zurückführen. Fig. 23. ist er abgebildet. Die zweimal gebogene mit gleichlangen Schenkeln herabgehende Röhre ab bildet einen gewöhnlichen Heber, dessen beide umgebogene Schenkel in die beiden Gefäße A und A′ münden. Werden die Mündungen a und b verschlossen, bis durch c so viel Wasser eingegossen ist, daß die Schenkel ganz damit gefüllt sind, so wird die Oeffnung c mittelst eines Korkes luftdicht verschlossen, und in eines der Gefäße A oder A′ Wasser gegossen, bis in beiden das gleiche horizontale Niveau mm

hergestellt ist. Oeffnet man nun einen von den Hahnen n oder n′, so fließt aus dem jedesmal geöffneten Wasser aus, und aus beiden, wenn gleichzeitig beide geöffnet sind. Der Grund ist, daß die Mündung jedes der Hahne niedriger steht, als das Niveau des Wassers in den Gefäßen.

Daß der Druck der Luft der Grund der Erscheinungen am Heber sei, geht aus einem von Parrot angegebenen Experimente hervor. Verschließt man das Gefäß A (Fig. 24.) luftdicht mit einem Deckel, so daß nur die Oeffnung e der Luft den Zugang in das Gefäß gestattet, so wird der Heber acb fließen, so lange e geöffnet bleibt. Verschließt man jedoch e luftdicht mit einem Korke, so tritt alsbald eine Verdünnung der Luft im Gefäße A oberhalb des Wassers ein, und diese hat zur Folge, daß die äußere atmosphärische Luft, da der Gegendruck im Gefäße vermindert ist, (nicht wie gewöhnlich nur mc, sondern) die ganze Wassersäule bc zu tragen im Stande ist. Der Heber bleibt also still stehen, nachdem e verschlossen worden, und wenn man abwechselnd e öffnet und schließt, so fließt und steht der Heber auch abwechselnd. — Im luftleeren Raume muß der Heber natürlich zu fließen aufhören; es ist jedoch schwierig mittelst der Luftpumpe durch den Versuch dieß nachzuweisen, denn da man hier nur Heber von geringer Länge anwenden kann, (lange sind nicht unter die Glocke der Luftpumpe zu bringen), eine vollständige Ausleerung der Luft mittelst der Luftpumpe nicht möglich ist, sondern nur eine Verdünnung derselben, so wird auch ein verminderter Luftdruck noch hinreichen den Heber in Thätigkeit zu erhalten. Man kann indeß den Versuch (nach Muncke) wie folgt anstellen.

Auf dem Teller der Luftpumpe unter der Campane A (Fig. 25.) befindet sich ein etwa 14 bis 16 Z. hohes Cylinderglas in den messingenen Ring ii hinabgedrückt, welcher auf dem Boden des messingenen cylindrischen Gefäßes dd festgelöthet ist. Der Inhalt des Glases C und des Gefäßes dd müssen einander mit einem kleinen Ueberschusse des letztern gleich sein, damit das Wasser nicht über den Rand des Gefäßes steigt. Das Glas hat oben eine metallene Fassung von etwa 1 Z. Höhe, durch welche der gläserne Heber acb gesteckt und in der Oeffnung dann verkittet ist. Der so vorgerichtete Apparat wird auf den Teller der Luftpumpe gestellt, das Glas C mit Wasser gefüllt, die Campane darüber gestürzt, mit dem Deckel gh oben geschlossen, durch welchen in einer Lederbüchse ein Draht k herabgeht, um einen Kork oder ein Stück Holz n zu tragen. Ist dann das erforderliche Vacuum hergestellt, so drückt man den Kork n in das Wasser des Glases hinab, der Heber läuft über und fängt an zu fließen, bis er still steht; wenn das Niveau mm so weit gesunken ist, daß die Wassersäulen in den Schenkeln desselben von m bis c größere Höhen erreicht haben, als welche dem Drucke der unter der Campane noch befindlichen Luft zugehören. Läßt man eine geringe Quantität Luft unter die Campane, so fängt er abermals an zu fließen, bis er wieder still steht, und beide Schenkel bilden zwei in ein gemeinschaftliches Vacuum übergehende ganz eigentliche abgekürzte Wasserbarometer, in welcher Hinsicht diese Construction vorzüglich belehrend ist.

Von den Anwendungen des Hebers zu allerlei Spielereien will ich nur die wichtigeren erwähnen. Beugt man (wie in Fig. 26.) das untere Ende des Hebers wieder um und zieht dieß Ende in eine Spitze aus, so wird durch diese Spitze das Wasser wieder in die Höhe getrieben, und man erhält eine Art Springbrunnen bc, welcher fast bis zur Höhe des Wasserstandes im Gefäße A geht. Ein derartiger Heber heißt ein Springheber. Beim Sonnenheber ist die Mündung b mit einem Ringe (wie Fig. 27.) versehen, welcher mehre Löcher hat, aus denen das Wasser sprudelt. — Als die beste Construction des sogenannten unterbrochenen Hebers führt Muncke folgende an.

Der gläserne Cylinder AB, Fig. 28. welcher am besten bei A mit einem Fuße versehen wird, um ihn darauf zu stellen, hat unten eine messingne Fassung nn, welche in der Mitte durchbohrt ist, um das eingeschrobene, bei c in eine Spitze zulaufende Rohr ae aufzunehmen. Ehe dieses eingeschroben wird, muß zuvor das zweite, ungleich längere und bei d gebogene Rohr db gleichfalls eingeschraubt sein, indem dieses Einschrauben der unbeholfenen Länge wegen auf allen Fall besser ist, als das Festlöthen desselben. Ist das Rohr db fest, so gießt man durch die Oeffnung des herausgenommenen Rohrs ac etwa ein gemeines Trinkglas voll Wasser in den Cylinder, schraubt das Rohr ac ein, kehrt den Heber um, so daß das Rohr ac in das Wassergefäß D gesenkt ist, das Wasser im Cylinder fließt durch das Rohr db herab, und der Heber fängt an zu springen, dieses aber dauert so lange als der Verlust des durch das Rohr db abfließenden Wassers durch das aus der Oeffnung c springende wieder ersetzt wird. Die Erscheinung ist übrigens ganz einfach durch die Länge des Schenkels db bedingt. Denkt man sich nämlich die Springröhre c bis an das Ende des Cylinders verlängert, dort wieder umgebogen und bis in die Oeffnung des andern Schenkels db zurückgeführt, so würden die Wassersäulen in beiden Schenkeln über dem Niveau mm sich das Gleichgewicht halten, die in dem Ende des langen Schenkels unter m bis b befindliche aber durch die ihrer Höhe proportionale Fallgeschwindigkeit eine dieser letzteren gleichfalls proportionale Geschwindigkeit des Fließens des Wassers in jenen oberen Theilen der Schenkel erzeugen, und werden dann diese weggenommen, so muß das Wasser aus c zu einer dieser Geschwindigkeit proportionalen Höhe springen, welche durch die etwas verminderte Dichtigkeit der Luft im Cylinder und den hiernach etwas geringeren Widerstand derselben gegen den Wasserstrahl noch um eine Kleinigkeit vermehrt werden wird.

Eine interessante Spielerei ist noch der Vexirbecher. Er kann geformt sein wie Fig. 29. A ist ein Gefäß, welches bei a eine Oeffnung hat in die eine wie acb gestaltete Röhre, die äußerlich den Handgriff vorstellt, mündet, bei b ist die Röhre offen und ihr oberes Ende steht in gleicher Höhe mit dem Rande von A. Füllt man den Becher mit Wasser bis nahe an den Rand, so füllt sich gleichzeitig auch der Heber acb, und so wie durch weiteres Füllen oder eine Neigung das Wasser bis zum Rande des Gefäßes sich erhebt, so ergießt sich sogleich der

Heber acb, und leert den Becher ganz aus. Da so das Wasser dem Trinkenden vor dem Munde entzogen wird, so hat man die Vorrichtung (nach der Sage von Tantalus) auch den künstlichen Tantalus genannt. Schon Heron kannte die Vorrichtung unter dem Namen des Diabetes. Sie kann übrigens, wie in der Natur der Sache liegt, mannigfaltig anders gestaltet sein.

Im Maschinenwesen hat man wenig Anwendung vom Heber gemacht. Leupold gibt folgende Maschine an, mittelst des Hebers Wasser in die Höhe zu fördern, welches dem ersten Anschein nach mit dem Wesen des Hebers im Widerspruch zu stehen scheint.

Die Steigröhre CE steht in dem offenen mit Wasser gefülltem Gefäße AB (Fig. 30.), und ist oben in das luftdichte Gefäß FG hinein geleitet. Dem ersteren Gefäße AB gegenüber wird ein anderes gleichfalls mit Wasser gefülltes Gefäß KL angebracht, welches mit dem Gefäße FG durch die Röhre HJ verbunden, übrigens aber gegen das Eindringen der äußern Luft sorgfältig verwahrt ist. Am Boden desselben ist die mit dem Hahne O versehene Röhre MN angebracht, welche tiefer herabgehen muß, als die untere Oeffnung der Steigröhre C. Wird der Hahn O geöffnet, so läuft das Wasser aus dem Gefäße KL durch die Röhre MN ab, welche bei größerer Weite in ein Behältniß mit Wasser münden muß, um das Aufsteigen der Luft neben dem herabfließenden Wasser zu verhüten, die Luft in HJ, FG und EC breitet sich in den Raum des vom Wasser entleerten Gefäßes KL aus, wird verdünnter, und der Druck der äußern Luft treibt das Wasser aus dem Gefäße AB durch das Rohr CE in das Gefäß FG. Wenn der Behälter AB einen beständigen Zufluß hat, so kann man zwischen AB und KL eine Verbindung durch eine Röhre mit dem Hahne P machen, und zugleich an FG eine Ablaufröhre mit dem Hahne Q anbringen. Wird dann P und Q geöffnet, O aber verschlossen, so füllt sich KL mit Wasser, die Luft entweicht durch HJ aus Q, bis KL gefüllt ist, dann wird P und Q verschlossen, O dagegen geöffnet und das Wasser steigt durch CE in das Gefäß FG. Dieses Verfahren läßt sich wiederholen, und da bei dem zweiten Oeffnen der Hahne P und Q nach dem Verschließen von O Wasser statt Luft aus dem Hahne Q fließt, so wird demnächst jedesmal das Wasser von A bis Q gehoben, und wenn das bis dahin gehobene Wasser zu einer zweiten ähnlichen Vorrichtung benutzt wird, so kann man hiernach durch Verbindung mehrer solcher Vorrichtungen das Wasser zu beliebigen Höhen fördern. Die Steigröhre CE muß indeß viel unter 32 F. hoch sein, da das Gefäß FG nie luftleer wird. Wird z. B. die Luft in CE, FG und HJ durch das Auslaufen des Wassers aus KL bis zur Hälfte verdünnt, für welchen Fall der Cubikinhalt der Röhren CE und HJ nebst dem des Gefäßes FG dem des Behälters KL gleich sein muß, so wird die Luft zur Hälfte der atmosphärischen Dichtigkeit verdünnt, und die Länge von CE darf 16 F. nicht übersteigen. Nach Leupold soll daher der Cubikinhalt von KL doppelt so groß als von FG sein. Um diese Maschine im Großen anzuwenden, ist eine Vorrichtung zum Oeffnen und Verschließen der Hähne erfor-

derlich. Schott beschreibt eine solche Maschine, durch welche Jeremias Mitz, ein Einwohner in Basel das Wasser in seinem Hause in einen erhabenen Behälter leitete. Leupold giebt eine ähnliche Einrichtung an, welche sich von dieser blos durch den Mechanismus zur Oeffnung der Hähne unterscheidet; auch zeigt er, eben wie Wolf, auf welche Weise mehre solche unterbrochene Heber zu verbinden sind, um das Wasser auf größere Höhen zu leiten.

Bei chemischen Arbeiten kommt es zuweilen darauf an, daß eine zu filtrirende Flüssigkeit nur tropfenweis auf das Filtrum falle, und es würde sehr langweilig sein, bei dem ganzen langewährenden Proceß des Filtrirens selbst gegenwärtig sein zu müssen. Bischof hat folgenden Heberapparat angegeben. In A (Fig. 31.) befindet sich die zu filtrirende Flüssigkeit, in welche der zweimal rechtwinklige gebogene Heber acb taucht. Die Spitze des kürzeren Schenkels a dieses Hebers ist in eine feine Spitze ausgezogen, der andere Schenkel b reicht in eine spitzauslaufende Glasröhre D, in der er durch einen Kork gh luftdicht befestigt ist. In diese Röhre D reicht durch den Kork noch eine zweite engere Glasröhre de, welche bei d und c offen ist. B ist das Gefäß welches die filtrirte Flüssigkeit aufnehmen soll, C der Filtrirtrichter mit dem Filtrum, in welches die Flüssigkeit aus A durch die Spitze f tröpfelt. Um den Heber in Thätigkeit zu setzen, saugt man bei d, nachdem das Ende a in A eingetaucht worden.

Wenn man eine leicht von der Flüssigkeit durchdringbare Substanz, z. B. Fließpapier, Baumwolle u. s. w. zusammenrollt, befeuchtet und nun in Gestalt eines Hebers biegt, so wirkt sie auch als ein solcher. Man bedient sich dieser Vorrichtung zuweilen in der Pharmacie, um kleine Quantitäten Flüssigkeit aus einem Gefäß in ein anderes überzuführen. Die Substanzen ziehen die Flüssigkeiten vermöge ihrer Haarröhrchenwirkung aufwärts und leiten sie über, wenn sie als Heber gebogen werden. Schon ein Faden kann auf diese Weise zum Heber dienen.

Heber, anatomischer, ist ein Apparat, um die Gesetze des hydrostatischen Druckes der Flüssigkeiten zu bestätigen. Fig. 32. stellt ihn vor. EDFG ist eine blechene Büchse, welche oben mit einer Schweinsblase FD verschlossen ist. Ueber dem Boden des Gefäßes erhebt sich die Röhre JH, welche bei H mit einem Trichter versehen sein kann. Gießt man bei H Wasser in die Röhre HJ und das Gefäß EDFG, so übt dieses gegen die Luft in EDFG einen Druck aus, von welchem die Blase FD aufgetrieben wird. Die Größe dieses Druckes lehrt folgende Betrachtung. Gesetzt, das Gefäß EDFG habe die Größe ELKG, so würde, nachdem der ganze Apparat mit Wasser gefüllt, die Wassersäule HJ in der engeren Röhre einer Wassersäule ELKG in der größern das Gleichgewicht halten, oder eine solche Wassermasse tragen, wie man dieß deutlicher noch sich veranschaulicht, wenn man den ganzen Apparat durch Eingießen in den Trichter H füllt, dann drückt das in H eingegossene Wasser allmählig das Wasser in ELKG empor, bis es in beiden Röhren gleich hoch steht. Unter den

vorhergehenden Bedingungen, wo das Gefäß EDFG mit einer Blase FD verschlossen war, wird diese durch die Wassersäule HJ mit einer Kraft aufgetrieben, welche der Schwere einer Wassersäule = DLKF gleich kommt. Da bei einer auf diese Weise behandelten Blase alle Häute und Gefäße auseinander getrieben werden, so kann man an ihr leichter die Construction wahrnehmen, und sie anatomiren (zerlegen); der Erfinder **Wolf** hat daher den angegebenen Apparat (welcher kein Heber im gewöhnlichen Sinne ist) einen **anatomischen Heber** genannt.

Hebezeug, Heblade. Wenn man mittelst eines Hebels eine große Last heben will, so muß der Arm des Hebels auf der Seite der Last im Verhältniß zu dem Hebelarm auf der Seite der Kraft klein sein, und man kann deßwegen durch einmaliges Herunterdrücken des Armes, auf welchem die Kraft ruht, die Last nicht sehr hoch heben, wenn man nicht außerordentlich große Hebel anwendet, welches in den meisten Fällen nicht möglich ist. Man hat nun solche Vorrichtungen erfunden, bei welchen nach jedem Herunterdrücken des Hebels die Last auf der erlangten Höhe erhalten, alsdann der Unterstützungspunkt erhöht, auf's neue die Kraft in Wirkung gesetzt, und so durch mehrmaliges Herunterdrücken des Armes auf Seiten der Kraft die Last in eine größere Höhe gehoben werden kann, als mittelst des einfachen Hebers möglich gewesen wäre. Diese Instrumente heißen **Hebezeuge** oder **Hebladen**. Die eine, die sogenannte **deutsche** Heblade ist Fig. 33. abgebildet. Auf dem Fußgestell AB sind zwei hölzerne Backen aufgerichtet, von denen die Fig. nur den einen vorderen CD zeigt. Zwischen beiden Backen befindet sich der Hebebaum ab und sie müssen so weit von einander abstehen, daß sich dieser leicht zwischen ihnen bewegen kann. Die Backen sind mit den Löchern e, e', e'', e''' u. s. w. und d, d', d'', d''' u. s. w. versehen, welche so geordnet sind, wie die Fig. zeigt. Die Löcher in dem einen Backen müssen genau den Löchern in dem andern Backen entsprechen. Außerdem hat man zwei Bolzen welche in die Löcher passen, so daß sie nach Bedürfniß in dieselben eingeschoben und dem Hebel zum Ruhepunkte dienen können. Das Ende des Hebels a ist mit einem Haken versehen, um die zu hebende Last an denselben befestigen zu können. Zuerst wird ein Bolzen in e eingeschoben, der Hebebaum darauf gelegt (er kann bei c ein ausgehöltes Lager haben um fester zu liegen); man drückt den längern Arm b herunter, so daß daß der ganze Hebebaum die Lage a'b' annimmt, nun schiebt man den zweiten Bolzen in das Loch, (bei d hat der Hebebaum ein zweites Lager), hebt darauf b' wieder empor, bis sich der längere Arm über e' befindet, setzt nun den ersten Bolzen aus e in e', drückt b wieder herab, bis sich der längere Arm über d' befindet, und so wird abwechselnd b gesenkt und gehoben, wo denn nach und nach der Hebebaum die verschiedenen Lagen ab, a'b', a''b'', a'''b''' u. s. w. einnimmt, bis zuletzt die Last an a die gewünschte Höhe erreicht hat. Bei der ganzen Operation sind zwei Arbeiter nöthig, einer welcher den Hebebaum regiert, und ein anderer welcher die Bolzen einsteckt. Einfacher ist folgende Einrichtung der Heblade, bei der

nur Ein Arbeiter nöthig ist. Auf dem Fußgestelle AB (Fig. 34.) ruhet der eiserne Träger C, etwa 6 Z. breit und 1 bis 2 Z. dick. An beiden Seiten desselben befinden sich die Einschnitte n, n′, n″.... und m, m′, m″...., in welche die Widerhacken o und o′ eingreifen und das Herabfallen des Hebebaums a b hindern. Letzterer ist in der Mitte so eingeschnitten, daß der eiserne Träger C durch die Oeffnung gesteckt werden konnte; die Gegengewichte l, l′ drücken die Widerhaken so gegen die Einschnitte, daß sie, ohne umzuschlagen, jederzeit in dieselben eingreifen. Wird also der Hebelarm b niedergedrückt, so steigt die Last P in die Höhe, bis der Haken o in den Einschnitt m′ eingreift; läßt man aber den Hebelarm b wieder in die Höhe gehen, so schiebt sich der Haken o′ hinauf, bis er in den Einschnitt n′ einfällt, und durch Wiederholung dieses Verfahrens wirkt diese Heblade ungleich schneller und bequemer, als die zuerst beschriebene.

Die Construction der Heblade ist übrigens je nach den besondern Zwecken zu denen man sie angewendet hat, mannigfach abgeändert worden.

Heizung. Die Absicht des Heizens ist zunächst aus irgend einem Zwecke Wärme hervorzubringen, welche grade an dem Orte, wo man dieselbe wünscht, nicht vorhanden ist. Die Heizung ist also auf die Möglichkeit gegründet, verschwundene Wärme wieder hervorrufen zu können, und Wärmehervortretung ermöglichen oder Wärme frei machen zu können. So lange die Wärme für die Sinne verborgen ist und selbst nicht auf diejenigen Instrumente wirkt, welche dienen, dieselbe bemerkbar zu machen, so lange ist dieselbe als latente oder gebundene Wärme zu betrachten. Freie Wärme wirkt auf die Sinne und unsere Instrumente, welche die Erscheinungen der Wärme messen. Jede gebundene Wärme ist durch irgend ein Hülfsmittel frei zu machen möglich; aber nicht jede ist unter solchen Umständen frei zu machen, daß die zu entbindende Wärme als Hülfsmittel der Heizung dienen könnte. Hierher gehört diejenige gebundene Wärme, deren Freiwerden durch kälteren Zustand der Umgebung bedingt wird. Wollte man die von Wasser bei 0 oder einigen Graden der Temperatur gebundene Wärme zur Heizung an Orten, die man dazu einrichtet, benutzen und zu diesem Endzwecke das Wasser mit erkältenden Mitteln umgeben; so würde man dadurch eben so viel Kältendes in das Medium bringen müssen, wo man Wärme hervorrufen wollte. — Wärme kann durch mehrerlei Mittel hervorgebracht werden. Kompression comprimibler Substanzen bringt latente Wärme derselben zur Freiheit durch Veränderung ihrer Dichtigkeit. Wenig Substanzen sind jedoch hierdurch auf einfachem Wege und in hinreichendem Maße zu so hohem und dauerndem Grade von Temperatur zu bringen, als daß man die Idee auffassen könnte, dieselben zum Heizen anzuwenden. Reibung verschiedener Substanzen bringt Hitze und Glühung, selbst Feuer an denselben hervor. Da man dieses Verhältniß selbst benutzt, um Feuer hervorzubringen, so ist die Idee nicht befremdend, dieses Verhältniß zur Produktion von Wärme Behufs der Heizung für Erwärmung zu benutzen. Die hierüber an-

gestellten Versuche sind noch zu keinem praktischen Resultate gekommen. Ein anderer Theil Wärme wird durch chemische Processe ausgeschieden, bei denen Verdichtung, Zersetzung und Zusammensetzung von Substanzen vorfallen. Verbrennungen sind daher vorzüglich solche Processe, welche zur Wärmeerzeugung angewendet werden müssen. Die Erzeugung der Wärme bei diesen Actionen des Verbrennens gründet sich auf die Erfahrung, daß gewisse Stoffe, wenn dieselben in ihrer Temperatur bis zu einem gewissen Grade erhöht worden sind, entweder unmittelbar Sauerstoff der Atmosphäre so aufnehmen, daß sich derselbe um ein bedeutendes Vielfaches verdichtet, oder daß dieselben sich zuvor in ihrer Beschaffenheit verändern und in dieser veränderten Beschaffenheit Verbindungen mit dem Sauerstoffe eingehen, wodurch Wärme frei gemacht wird. Alle diejenigen Stoffe, welche diese Eigenschaft besitzen, werden allgemeinhin Brennstoffe oder brennbare Körper genannt. Es giebt deren eine große Anzahl in der Natur. Unter Verhältnissen, wo dieselbe obwaltend wirkt, bei günstigen räumlichen Gelegenheiten wird jede derartige Zersetzung des Sauerstoffgases und erfolgende Wärmeausscheidung zur Feuerung benutzt werden können. Alle Oxydationen der Metalloide, Metalle, der Kohlenstoffe, der wasserstoffhaltigen Dinge, des Schwefels, des Phosphors, sind fähig benutzbare Wärme, auf diese Weise entstanden, zu liefern. Der Uebertritt des Sauerstoffs an die in Oxydation befindlichen Körper, verdichtet das Gas des Sauerstoffs oder die Verbindung der Wärme mit dem Oxygen. Jede Verdichtung dieser Art wird durch Entfernung eines Theiles der expandirenden Gewalt, welches die Wärme ist, hervorgebracht. Jedes Product, entstanden durch Aufnahme des Sauerstoffes, ist dichter, als das Gas dieser Substanz selbst. Aus diesem Grunde wird bei jeder Aufnahme dieses Körpers oder der Zersetzung seines Gases Wärme entwickelt. Ist ein Verbrennungsproceß eingeleitet, so wird ein Theil der erregten Wärme stets dazu sich verwenden, um denselben zu unterhalten, wenn zur Einleitung der Verbrennung des brennbaren Körpers eine Erhöhung des allgemeinen Temperaturzustandes nöthig war. Ein anderer freier Theil von Wärme wird bei der Heizung regiert und verwandt werden können. Außer den Brennmaterialien und verbrennbaren Stoffen besitzen noch viele andere Körper in der Natur und in Werkstätten des Menschen eine gewisse Menge von freier Wärme, oder befinden sich in einem bedeutend erhöhten Temperaturzustande. Zu diesen gehören: heiße Wasser, heiße Gase, Laven, Schlacken und glühende Metalle. Die Wärme, welche von diesen Körpern abgegeben wird, kann da, wo sie sich localer Verhältnisse wegen befinden, mit Vortheil zur Heizung benutzt werden. — Die Brennmaterialien bestehen in thierischen und vegetabilischen Substanzen in getrocknetem und zum Theil in natürlichem Zustande. Muskelsubstanz, Fleisch, Fische, Knochen, Federn, Häute, Leder, thierische Kohle, Wachs, Fett, Talg und Stroh, Heu, trockne Pflanzenstengel, Moos, Rinde (Lohe), Wurzeln, Blätter, Reisig, Holz, Holzkohlen, Früchte und Samengefäße, Pech, Oele, Zucker, Alkohol und spirituöse Sachen, organische und vegetabilische Säuern, werden verbrannt werden können. Von den unorganischen Producten gehören Anthracite,

Digitized by Google

Steinkohlen, Pechkohlen, Kandlekohlen, Grobkohlen, Schieferkohlen, Kalkkohlen, Braunkohlen, Moorkohlen, Erdkohlen und bituminöse Hölzer, Torf, Schwefel, Elaterit, Asphalt, Erdöl, Naphta, Bernstein, Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas und Schwefelwasserstoffgas dazu. — Die Kenntniß der Wirksamkeit jeder brennbaren Substanz ist in der Technik zu wissen nöthig. Nicht alle genannten Brennstoffe werden für gewöhnlich, wenigstens nicht im mittlern Europa, zur Unterhaltung von Feuer benutzt. Einige davon dienen nur zur Aushülfe beim Ueberflusse davon, oder wenn etwas davon zu anderm Verbrauche undienlich geworden ist, z. B. die Abfälle thierischer Substanzen, als: Haare, Knochen, Fett, trocknes Fleisch, Häute, Federn, Mist, Excremente; von Pflanzenstoffen hingegen: Blätter, Heu, Stroh, Wurzeln und von unorganischen Substanzen Erdpech, Erdöl, Naphta. Am häufigsten werden verwendet zum Verbrennen in Absicht der Heizung und Erwärmung Holz der Vegetabilien von Stämmen und Aesten in natürlichem Zustande, getrocknet oder verkohlt als Kohlen und als Lohe; ferner Steinkohlen jeder Art, sowohl in dem Zustande, in dem man dieselben gewann, als auch abgeschwefelt oder verkoakst, wenn sich dieselben in diesen Zustand versetzen lassen, oder in Ziegel geformt mit zusammenbackenden Thontheilen, sobald dieselben als Bruchstücke gewonnen worden waren. Außerdem wird auch der Torf gebraucht. Nicht von allen hier genannten Brennmaterialien ist Behufs technischer Zwecke genau bekannt, bis zu welcher Wirksamkeit dieselben benutzt werden können. Im Allgemeinen wirken diejenigen von jedem Stoffe am kräftigsten, welche am trockensten sind, nicht bloß im Bezuge auf gleiche Gewichts- oder Maßtheile von Substanzen in verschiedenem Trockenheitszustande, wo diejenigen, welche am feuchtesten sind, den wenigsten Brennstoff und die meiste Flüssigkeit eingeschlossen enthalten, sondern auch selbst bei Beziehung zwischen den Brennkräften gleicher Quantitäten Brennstoff von trocknen und feuchten Brennmaterialien einer Art, weil von dem feuchtern Materiale während des Verbrennens einmal ein Theil sich verwenden wird, die Feuchtigkeit in gasförmigen Zustand zu bringen, und das anderemal wegen des unvollkommenen Brennens des Materials selbst, welches veranlaßt, daß ein großer Theil des Brennstoffes anstatt in Feuer überzugehen, in nicht bis zur Entzündlichkeit gekommenen Gasen, als Theer und Kohlenoxydgasdämpfe im Rauche entweicht. Frische Pflanzenstoffe und frisch gewonnene Steinkohlen oder neugegrabener Torf enthalten mehr Feuchtigkeit als älter gewordene und an der Luft getrocknete oder überhaupt durch natürliche Verflüchtigung der wäßrigen Stoffe trocken gewordene Massen. Die Hölzer enthalten sehr ungleich viel Feuchtigkeit, wenn dieselben eben geschnitten sind. Man rechnet Hainbuchenholz zu 20%, Birkenholz 30%, Eichenholz 35%, Buchen- und Kiefernholz 39%, Erlenholz 41%, Tannenholz 45%, Weiden- und Pappelholz 50 pCt. Je nachdem die verschiedenen Holzarten nach dem Zerspalten und Zerschneiden, welches das Vertrocknen befördert, abgetrocknet sind, enthalten dieselben noch 10 bis 20 und 25 pCt. Wasser. Unter 10 pCt. kann nicht leicht ein Holz trocken gemacht werden, selbst nach jahrelanger Aufbewahrung und selbst durch

Trocknung in gewärmten Räumen nicht. In Feuchtigkeit nimmt selbst scharf abgetrocknetes Holz 10 und mehr pCt. Wasser wieder auf. Ein Pfund mit künstlicher Wärme getrocknetes Holz vermag beim Verbrennen 35 Pfunde Wasser, und ein Pfund gewöhnliches 20 bis 25 pCt. wasserhaltendes Brennholz 26 Pfunde Wasser von 0° bis 80° R. zu erhitzen; ersteres verdampft 6,36 Pfunde 80° heißes Wasser, letzteres 4,72 Pfunde; zum Verbrennen des ersten sind 5,96 Pfunde atmosphärischer Luft von 0° R. und für das letztere 4,47 Pfunde derselben nöthig; es erhöht 1 Pfund Holz die Temperatur von 82405 Cub.F. Luft oder von 7495 Pfund um 1° C. oder es versetzt 1030 Cub.F. in um 80° C. höhere Temperatur. Holz wird meistentheils nicht nach dem Gewichte, sondern nach dem Volumen angekauft. Auf diese Weise wird es zuerst im Walde abgeschätzt, sodann gefällt, zerschnitten in Theile von verschiedener Länge, und je nach der Dicke und seiner Art als Stamm- oder Reißholz entweder gespalten oder ungespalten zusammengeklaftert oder parallel übereinander gehäuft, in eine Klafter hohen und nach Klaftern in der Länge abzumessenden regelmäßigen Räumen. Von gleichem Volumen Holz gibt Rinde 100, Eiche 86, Esche 77, Buche 65, Ulme 58, Birke 48, Kastanie 52, Weißbuche 65, Fichte 54, Pappel 40 verhältnißmäßige Wärme. Der Cubikinhalt an Brennmaterial von aufgeklaftertem Holze ist verschieden, je nachdem dasselbe regelmäßiger geformte Stücke liefert und je nachdem es sorgfältiger in den geklafterten Haufen eingeschichtet ist. Eine Klafter drei Fuß langes gutes Scheitholz enthält etwa $\frac{1}{5}$ seines Volumens oder 21,6 Cub.F. Zwischenmasse und 86,4 Cub.F. solide Holzmasse. Das unregelmäßigste Holz z. B. Stock- und Knüppelholz enthält von ersterem vielleicht selbst $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ des Ganzen. Wenn das ganze Volumen des aufgeklafterten ganz gesunden Holzes = 1,000 gesetzt wird, so hat (nach Prechtl) Buchenholz 0,287, Birkenholz 0,305, Eichenholz 0,305, Schwarzföhrenholz 0,444, Fichtenholz 0,222, Tannenholz 0,315, Erlenholz 0,370, Weidenholz 0,308 leeren Zwischenraum, und es wiegt mit 25 pCt. Wassergehalt in Wiener Pfunden, bei 3 Fuß Wiener Maß langen Scheiten, Buchenholz 3311, Birkenholz 3370, Eichenholz 3300, Schwarzföhrenholz 2700, Fichtenholz 2680, Tannenholz 2360, Erlenholz 2380, Weidenholz 1950 und bei größtmöglichster Ausdehnung wiegt Buchenholz 2484, Birkenholz 2530, Eichenholz 2455, Schwarzföhrenholz 2025, Fichtenholz 2011, Tannenholz 1771, Erlenholz 1771, Weidenholz 1464. Diese Angaben gelten für regelmäßig geformtes und gut in einander gefügtes Holz. Im Verkehr wird für Fichten-, Tannen- und Kieferholz à Klafter von 2200 Pfund, das Gewicht des Buchenholzes zu 2880 Pfund ansteigen. Häufiger Gebrauch wird von geflößtem Holze gemacht. Geflößtes Holz verliert durch die Berührung mit dem Wasser einen großen Theil seiner harzigen Brennstoffe, deren Verlust auf 20 und mehr pCt. des gesammten Brennstoffes betragen kann. Außer der Feuchtigkeit hindert die Massigkeit des Holzes in Bezug zur Größe des Feuers die vollkommenste Erzielung des größten Effektes vom Verbrennen des Materiales. Je kleiner der Umfang eines Feuers ist, um so kleiner sind die anzulegenden Scheite zu machen, da-

mit nicht ein großer Theil des nutzbaren Materiales unbenutzt mit dem Rauche verjagt werde. Mit der Verkleinerung steht jedoch ein schnelleres Verzehren in Verbindung, worauf man für Beurtheilung des Zweckes Rücksicht zu nehmen hat. Im Allgemeinen verbrennen zuerst die flüchtigen Bestandtheile und Brennstoffe, welche bei sehr öl- und harzreichen Holzsorten oft mit Gewalt und Lärm in augenblicklich zu Flamme auflodernden Gasen aus dem Innern der angebrannten Hölzer hervorbrechen. Langsamer verzehren sich die festern Theile durch Umänderung in Kohle und Auflösung derselben zu Kohlenoxydgas, welches theils unmittelbar von der Oberfläche der Hölzer aus wegbrennt, theils an der Oberfläche glühender Kohlen allmälig sich erzeugend die Gluth daselbst erhält. Ein großer Theil der Flamme und namentlich der hellste Theil derselben besteht aus verbrennendem Kohlenwasserstoffgase, welches durch die Zerlegung von Wasser- und Harztheilen des Holzes vermöge des eingeleiteten Verbrennungsprocesses erzeugt wird. Das Feuer entsendet Luft nur von seiner Oberfläche, woselbst die bis zur Glühungsfähigkeit erhitzten Gase und Dämpfe Oxygen des umgebenden Atmosphärgases aufnehmen. Je lodernder eine Holzflamme getrieben wird, um so mehr verbrennbare Gastheile werden unverbrannt in die Höhe gehen. Große Stücke verbrennen im Ganzen genommen in Bezug zu ihrer Masse mit weniger Feuer, als kleinere und Späne, weil während des Brennens von größeren Stücken wegen der längeren Dauer ihres Brennens die schnell in Gas sich umändernden Theile des Holzes aus dem Innern desselben eher hervorgetrieben werden, als das ganze Holzstück verbrennt. Aus diesem Grunde hinterlassen dieselben sehr bald, wenn Gas zur Unterhaltung der Flamme nicht mehr producirt werden kann, glühende Kohlen, welche selbst mit Rückstand von bedeutendem Volumen reiner Kohle verlöschen werden. Trockne Späne dagegen und dürres Reisig werden ganz zu Asche verbrennen können. Wird von Brennmaterial zu viel auf einmal benutzt, so tritt beim Brennen derselbe Umstand ein, wie bei Anwendung zu großer Stücke; es schwelen die obersten Hölzer zu viel, so daß zwar die Flamme vermehrt, den oben brennenden Hölzern aber die Fähigkeit genommen wird, zu ihrer gänzlichen Verzehrung das unter andern Umständen zu Ermöglichende beizutragen. Zu viel Aufhäufungen von Holz beim Feuerschüren bringt daher glühende Kohlen im Uebermaße hervor. Man legt jedoch in denjenigen Fällen, wenn man bei Holzfeuerung eine anfänglich große Hitze beim Anheizen verlangt, und später einen gleichmäßig anhaltenden Hitzgrad zu erhalten beabsichtigt, zuerst gern viel Holz in den Feuerraum ein. Dieses Verfahren hat demnach gleichsam Kohlenerzeugung zum Zwecke. Es ist vortheilhafter in Bezug auf Kosten gegen wirkliche Kohlenheizung, weil vom Holze zugleich der flammengebende Theil in Benutzung gebracht wird. — Die Hölzer werden in ökonomischer und technischer Beziehung als harte und weiche unterschieden. Erstere enthalten gegen letztere in Betracht gleicher Masse geringeres Volumen. Die weniger dichte Beschaffenheit der weichen Holzarten vermittelt eine leichtere Zersetzung des Holzes in Flamme. Dieß wird bei harzreichen weichen Hölzern wegen dieses größeren Harzgehaltes noch zu viel größerer Lebhaftigkeit

gesteigert. Härtere Hölzer geben jedoch länger in Gluth liegende Kohlen, und verbrennen selbst sparsamer bei einer gleichen Trockenheit gegen weichere Holzarten. Dieser Unterschied des Verbrennens von harten und leichtern Holzarten läßt sich jedoch durch danach in Verhältniß gesetzte Zerkleinerung ausgleichen. Für Flammenfeuerung sind weiche und harzige Holzarten besser, als harte und weniger harzige. — Holzkohlen entstehend aus dem Holze durch langsame Vertreibung der in gasförmigen Zustand zu versetzenden Stoffe des Holzes und dargestellt mittelst eines so begründeten Verfahrens durch Glühung von Hölzern in verschlossenen Räumen, geben, wie die verschiedenartig harten und weichen Hölzer, bei Verbrennung von gleichem Gewichte gleiche Wärmewirkungen. Trockne Kohle verzehrt sich nur im Glühen. Feucht gewordene gibt eine kleine bläuliche Flamme von entzündetem Kohlenwasserstoffgase, das durch die Zersetzung des Wassers entstanden ist. An der Luft liegende Kohlen nehmen gewöhnlich 10 pCt. ihres Gewichtes von Feuchtigkeit auf. Kohlen heißen „ersoffene", wenn sie sich ganz mit Wasser vollgesogen haben. Sie werden jedoch wieder brennbar, wenn sie abgetrocknet sind. Das Gewicht der Kohlen, auf gleiches Volumen bezogen, ist verschieden, je nachdem dieselben von hartem oder weichem Holze herrühren. Im Mittel soll 1 Wiener Cub.F. weiche Kohlen 8 Wiener Pfund und 1 Cub.F. harte Kohlen 12 Pfunde wiegen, und 100 Theile Holz etwa 0,43 Theile Kohlen liefern. Das Gewicht eines Maßes mit Kohlenstückchen von 2 Cubik-Zoll Volumen verhält sich zu dem Gewichte desselben Maßes mit 3 Cubik-Zoll großen und größern Stücken, wie 72 zu 61 und 58. Ganz große Stücke enthalten in demselben Maße nur etwa die Hälfte desselben an Kohlen. Ein Pfund Holzkohlen erwärmt ungefähr (im Maximum) 73 Pfund Wasser von 0° bis zu 80° R.; ändert 13,27 Pfd. Wasser von 80° R. in Dampf um und verbraucht zum Verbrennen (im Minimum) 11,46 Pfund atmosphärische Luft. Anwendung von Kohle zur Feuerung ist empfehlenswerth da, wo eine gleichmäßige Hitze erregt werden soll; wo die zu erhitzende Masse unmittelbar mit der Kohle in Berührung gesetzt werden kann, wo die Heizungs- und Erwärmungsräume so eingerichtet sind, daß dieselben eine größere Zeit lang die Hitze zurückzuhalten vermögen. Harte Kohlen geben bei gleich schneller Luftzuführung zum Verbrennen größere Hitze als weiche, weil dieselben mehr Masse enthalten bei gleich viel zum Verbrennen aufgehäuftem Maße. — Steinkohlen werden in zwei Klassen geschieden, in harzige und harzlose. Die letztern werden Glanzkohlen, Anthracite genannt, die ersteren Schwarz- und Braunkohlen. Beide Hauptarten unterscheiden sich chemisch durch den Gehalt von Wasserstoff, welchen die letztern fast ausschließlich besitzen. Beide Kohlenarten geben im Ganzen genommen und im Verhältnisse zur Gluth wenig Flamme. Einige seltene Varietäten der harzigen Steinkohlen „Kandlekohlen" genannt, verbrennen jedoch ohne Rückstand mit sehr heller Flamme. Schwieriger als harzige Steinkohlen sind harzlose verbrennbar. Letztere besitzen fast gar kein Bitumen. Sind diese sehr mit Erden gemengt, was überhaupt ein Uebelstand der Steinkohlen ist, und bei beiden Ab-

theilungen in ihrer Wirksamkeit und ihrer Beschaffenheit Veränderlichkeit hervorbringt, so sind sie nur unter erhöhterem, anfachendem Luftzuge verbrennbar zu machen. Harzige Steinkohlen und zwar die Abtheilung der Schwarzkohlen schmelzen leichter zusammen als harzlose; diese jedoch noch etwas mehr als die Abtheilung der Braunkohlen unter den harzigen Steinkohlen. Der Kohlengehalt dieser Substanzen ist sehr verschieden. Nach Karsten enthält der wirkliche Anthracit außer zufälligen Gemengtheilen nur Kohlenstoff. Die harzigen Steinkohlen sind verschieden benannt; einige Benennungen beziehen sich auf Structur, andere auf andere Beschaffenheiten. Die kohlenreichsten Substanzen finden sich unter der Blätterkohle; einige dieser Varietäten scheinen durch Naturrevolutionen in ihrer Beschaffenheit geändert zu sein, und zum Theile in Anthracit überzugehen. Man kennt Blätterkohlen von 84 bis 96 Theilen Kohlenstoff, 14 bis 3 Theilen Wasserstoff und 3,3 bis 0,5 Wasserstoffgehalt mit $\frac{2}{3}$ bis 2 Theilen von hundert beigemengten erdigen Theilen. Pechkohlen enthielten 81,3 Kohlenstoff, 14,5 Sauerstoff, 3,3 Wasserstoff; Schieferkohlen 78 bis 78 Th. Kohlenstoff, 20 bis 17 Th. Sauerstoff, $2\frac{2}{3}$ bis $3\frac{1}{3}$ Th. Wasserstoff mit einigen Procenten beigemengter erdiger Theile. Schieferkohlen bestehen aus lagenweise abwechselnden harzigen Steinkohlen von verschiedener Beschaffenheit. Dieselben sind daher von dem veränderlichsten Aeußern; auch sind dieselben bei weitem die häufigsten. Die veränderliche Beschaffenheit derselben wird häufig vermehrt durch größere Beimengung von erdigen, vorzüglich thonigen Stoffen in einzelnen ihrer lagerartigen Schichten. Dieselben gehen dadurch zuweilen in wirklichen Stein über, welcher eben nur durch schwaches Glühen seinen Kohlengehalt anzeigt. Kandlekohle besitzt 72 bis 74 Th. Kohlenstoff, 21 bis $19\frac{2}{3}$ Th. Sauerstoff und 4 bis $5\frac{1}{2}$ Th. Wasserstoff. Grobkohle ist eine kohlenreiche Steinkohle. Braunkohlen führen 75 bis 80 Th. von 100 an Kohlenstoff, $26\frac{2}{3}$ Th. Sauerstoff und $4\frac{1}{3}$ Th. Wasserstoff. Unter den Braunkohlen sind Moorkohle, muschliche Braunkohle, Gagat die empfehlungswerthesten zur Feuerung. Weniger sind es Erdkohle, welche wie das Kohlenklein, in Ziegel zu ballen ist, Papierkohle und Alaunkohle. Je nach dem Kohlengehalte liefern die verschiedenen Steinkohlen verschiedene Heizkraft. Es gibt nicht hinreichend genaue Bestimmungen über die Wirksamkeit der verschiedenen Kohlenarten beim Verbrennen. Im Allgemeinen geben 1 Pfund Schieferkohle brauchbarer Beschaffenheit die nöthige Hitze um 60 Pfund Wasser von 0° bis 80° R. zu erhitzen, und um 10 Pfund Wasser von 80° R. zu verdampfen, wobei dieselben $9\frac{1}{3}$ Pfund atmosphärische Luft verzehren. Ein Pfund gute Steinkohle erhitzt ferner 164810 Cub.F. oder 14987 Pfund Luft um 1° C.; schlechtere bewirken dasselbe nur bei 107123 Cub.F. und 9700 Pfund Luft. Die Wärmestrahlung der Steinkohlengluth ist größer, als die des Flammenfeuers und die der Holzkohlengluth aus dem Grunde, weil beim Verbrennen der Steinkohlen lebhafterer Luftwechsel zugegeben werden muß, als bei Holzkohlen und Holz, und weil derselbe an bei weitem dichteres Material antrifft. Sie verbrennen daher dem Volumen nach zwar langsamer, der Masse nach aber schneller als Holzkohlen, d. h. in

gleichen Zeiten werden bei derselben Gluthhöhe mehr Theile vom Kohlenstoffe der Steinkohlen verbrannt werden und werden müssen, als vom Kohlenstoffe der Holzkohlen. Schwarzkohlen, welche die Eigenschaft besitzen zu schmelzen oder zu backen, wie man technisch sagt, müssen auf Rosten verbrannt werden und die daselbst zusammensinternde Decke muß, um Luftzug in die brennende Masse zu bringen, häufig aufgebrochen werden. Die backende Eigenschaft der Steinkohlen wird benutzt, um aus denselben eine blasige leichtere Substanz herzustellen, welche Koaks (gebackne, zusammengesinterte Steinkohlen) genannt werden. Diese Koaks tragen alle Eigenthümlichkeiten geschmolzener Körper an sich; sie sind leichter als Steinkohlen und brennen schneller und mit viel geringerem Luftzuge als die Steinkohlen selbst brauchen; aber dennoch mit gleicher Wärmestrahlung und Gluthaussendung. Der Wirkungsgrad ihrer Heizkraft verhält sich zu demjenigen der Steinkohlen wie 75 : 69 und ist ungefähr $\frac{9}{10}$ desjenigen, was durch Holzkohlen geleistet wird. — Torf, ein sehr häufig angewendetes Brennmaterial ist hauptsächlich durch zwei Varietäten zu unterscheiden, von denen die eine und die leichteste die wurzelreichsten, die andere und schwerere die erdigen Torfe umfaßt. Jene erscheinen wie filzartig verschlungene Gewebe von Wurzeln und Holzstücken; letztere nähern sich der Beschaffenheit von Braunkohlen. Zuweilen werden fälschlicherweise wirkliche in Ziegelform gebrachte Erd- und Braunkohlen Torfziegel genannt. Torf brennt im Allgemeinen langsam und verzehrt sich sehr gleichmäßig. Ein Pfund guter, nicht zu erdiger Torf vermag 30 Pfd. Wasser von 0° bis 80° R. zu erhitzen und 5,45 Pfund von 80° R. in Dampf zu verwandeln, wobei derselbe ungefähr 4 60 Pfund Luft zersetzen wird. Ein Pfund Torf wird 41202 Cub.F. und 3747 Pfunde Luft um 1° C. erwärmen. Torfkohle, durch Verkohlung von Torf in verschlossenen Räumen erhalten, wird à Pfund 64,6 Pfund Wasser von 0° bis 80° R. erhitzen, 11,63 Pfund Wasser von 80° R. verdampfen und dazu 9,86 Pfund atmosphärische Luft verbrauchen. Entzündetes Kohlenwasserstoffgas bewirkt à Pfund die Erhöhung der Temperatur von 0° bis 80° R. für 76 Pfund Wasser; es verdampft 13,81 Pfund 80° R. heißes Wasser und zersetzt 14,58 Pfund atmosphärische Luft. (In Nordamerika benutzt man eine natürliche Quelle von diesem Gase zum Leuchten und Verbrennen.) Von Steinöl wirkt 1 Pfd. auf Temperaturerhöhung von 0° bis 80° R. an 73,38 Pfd. Wasser; Phosphor an 75 Pfd.; Terpentinöl an 45 Pfd.; Kohlenwasserstoffgas an 63,75 Pfd.; Kohlenoxydgas an 18,57 Pfd.; Baumöl an 90,44 Pfd.; Alkohol von 0,8176 spec. Gew. an 61,95 und bringt ungefähr 10 Pfd. 80° R. heißes Wasser in Dampfgestalt; Talg an 71,86 Pf.; weißes Wachs an 94,79 Pf.; Wasserstoffgas an 221,25 Pfd.; Oel, Wachs und Talg verdampfen ungefähr 14,18 Pfd. siedendes Wasser und nehmen dabei den Sauerstoff von 15 Pfd. Atmosphärgas auf. Wasserstoffgas liefert beim Verbrennen die größte, die Metalle die kleinste Menge Wärme. — Der Verbrauch des Brennmaterials muß so geleitet werden, daß die größtmöglichste Wärme von der kleinsten Masse an Brennmaterial erhalten werden kann. Diese Idee liegt den

Verhandlungen zum Grunde, welche in der Oekonomie unter dem Artikel „Sparung von Brennmaterial, Holzsparungskunst u. s. w." entwickelt werden, und worüber weitläuftige Untersuchungen geführt und in einzelnen Schriften beschrieben worden sind. Verlust an Brennmaterial und Verlust an erzeugter Wärme wird entstehen, erstens, wenn das Brennmaterial keine vollkommne Zersetzung erleidet; dieß wird dann geschehen, wenn zu gleichen Zeiten nicht hinlängliche Luft zum Feuerorte hinzugeführt wird, einmal um den Zersetzungsproceß durch Zuführung des in der Atmosphäre enthaltenen Sauerstoffgases zu unterhalten, und ein anderesmal um die Unterhaltung des Zersetzungsproceßes durch lebhaftere Zersetzung des Brennmateriales zu fördern; zweitens, wenn die erregte Wärme nicht in dem Maße zurückgehalten und auf den Ort der Verwendung geführt wird, als wohl technisch zu ermöglichen wäre; dieß wird geschehen, wenn von der Zuführungsluft Wärmetheile und unzersetzte Rauchtheile zu schnell von den Punkten entfernt werden, wo die Mittheilung geschehen soll und zweitens, wenn die erwärmte Luft selbst unzeitig vom Punkte des Entstehens und des Gebrauchens weggeleitet wird. Man sieht hieraus, daß dieselben Ursachen, welche der zweckgemäßen Verbrennung nützlich sind, eben so auch wieder hinderlich werden können, und sogar hinderlich werden müssen. Aus diesen Gründen wird man allgemein in Anschlag bringen müssen, daß bei jeder Heizung ein Theil der erregten Hitze nicht angewendet werden könne und verloren gehe. Die Größe dieses Verlustes zu verringern ist die Absicht aller Ersparungen, welche man in der Holzsparkunst beabsichtigt. Die Ersparung an Brennmaterial ist die Folge der glücklichen Leitung betreffender Untersuchungen. Das Resultat dieser Bemühungen wird um so vollkommner ausfallen, jemehr dasselbe besondern Umständen angepaßt ist, jemehr die dahin abzweckenden Vorschriften das Allgemeine verlassen und auf die Mannigfaltigkeit des Gebrauches und der Anwendung der Heizungsarten Rücksicht nehmen. Vorschriften zur Ersparung des Brennmateriales beim Heizen können veranlassen, verschiedene Arten von Brennmaterial für verschiedene Heizungen anzuwenden. Ist vielleicht eine schnelle Erhitzung eines Gegenstandes oder eines Raumes nöthig, so wird weiches und harziges Holz, welches, sich schnell entzündend, lodernde Flammen gibt und viele auf einmal sich entbindende Wärme frei macht, vortheilhafter sein, als hartes Holz oder Kohlen, die sich langsamer verzehren. Ist das Gefäß der Heizung sehr groß, so werden kleine öfters wiederholte Feuer bei weitem kostbarer werden, als ein großes dem Inhalte des Feuerungsraumes angemessen ausgedehntes Flammenfeuer. Dasselbe wird der Fall sein bei dicken oder die Wärme schlecht leitenden Wänden desselben Raumes. In einiger Hinsicht wird ein Rost unter dem Flammenfeuer vortheilhaft sein, wenn das Heizungsgefäß z. B. in einem Locale sich befindet, welches gegen überflüssigen Zudrang der Luft geschützt worden ist. Vermittelst des Rostes wird in diesem Falle eine Erleichterung des Luftzutrittes zur Flamme zu Wege gebracht, welche bekanntlich die schnellere Verzehrung des entspringenden Rauches und der Gase veranlaßt. Auch wird Brennmaterial schon dadurch erspart, wenn man die Hölzer selbst oder andere Brennmateria-

lien nach den Verhältnissen ihrer Hitzkraft verwendet. Im Allgemeinen ergaben nämlich die Erfahrungen über erhaltene Hitzkräfte beim Verbrennen verschiedener Hölzer, daß dieselben alle einander gleich kommen, von welcher Art dieselben sein mögen in Hinsicht des Effectes, den die Heizung zu Wege brachte, wenn man allein Rücksicht nahm auf den bloß brennenden Theil derselben, die Holzfaser. Diesen Heizungseffecten sind die Kosten und Preise der Hölzer übrigens im gemeinen Leben keinesweges proportional. Wenn der Werth des Buchenholzes = 1,000 gesetzt würde, müßten sich die Preise der übrigen Hölzer verhalten wie 1,000 beim Kiefernholze, 0,906 beim Stieleichenholze, 0,864 beim Traubeneichenholze, 0,829 beim Birkenholze, 0,785 beim Fichtenholze, 0,725 beim Weißtannenholze, 0,712 beim Lerchenholze, 0,692 beim Lindenholze, 0,651 beim Schwarzpappelholze, 0,629 beim Aspenholze, 0,576 beim Erlenholze und 0,462 beim Holze der italienischen Pappel. (Siehe Hartigs und von Liebhabers Versuche über die Brennbarkeit der Hölzer in Beziehung seines Brennholzwerthes.) Diese Verhältnisse der Preise finden keinesweges überall statt. Eine genaue Vergleichung des Werthes der Holzarten nach derartigen Angaben wird die sicherste Ersparung beim Verbrauch von Brennmaterial herbeiführen.

Die Wärmeentwickelung verschiedener Körper ist ebenfalls sehr verschieden. Brennende oder Sauerstoff verdichtende Körper werden im Allgemeinen im Verhältnisse so viel Wärme frei machen, als durch dieselben von diesen Körpern in veränderten Beschaffenheitszustand versetzt wird. Je mehr dieß der Fall ist, um so größer ist, abgesehen von der Masse der Verdichtung, die frei werdende Wärme. Diese Wärme und ihre Dichtigkeit oder Intensität steht jedoch auch in geradem Verhältnisse mit der Masse sowohl einer den Sauerstoff verdichtenden Substanz, als auch desjenigen Sauerstoffes, welcher verdichtet wird. Die Intensität der Wärmeentwickelung ist endlich um so größer, je größer die Verwandschaft des verbrennenden Körpers mit dem Sauerstoffe ist, oder je mehr Masse von demselben gegen andere Körper an Sauerstoff in gleichen Zeiten absorbirt wird. Bei denjenigen Körpern, welche, in erhöhten Temperaturen sich befindend, Wärme abgeben ohne sich zu zersetzen, ist die Wirkung der Wärme und ihre erscheinende Intensität um so größer und fühlbarer, je größer der Temperaturunterschied zwischen ihnen selbst und denjenigen Körpern ist, welche in ihrer Umgebung sind und den Einfluß derselben erleiden.

Die Wärme pflanzt sich fort bis ein ausgeglichener Zustand verschiedener Temperaturen eingetreten ist. Die Fortpflanzung erfolgt durch Berührung der Körper mit der Wärme. Ist die Wärme irgend einer Temperatur ein constanter Zustand und wird demselben ein gewisser Raum zugeschrieben, in welchem er gefunden wird, so muß bei Verbreitung dieses Wärmezustandes über größeren Raum der intensive Zustand am Ende beider Räume sich umgekehrt wie die Entfernungen dieser Enden von einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte aus gemessen, verhalten. Die Verbreitung der Wärme mit successivem Nachrücken neuer Quantitäten, wie dieselbe von einer Wärmequelle aus erfolgt, geschieht

eben dadurch nicht so gleichmäßig. Gleichheit von Temperatur in einem Raume ergibt sich erst nach dem Aufhören der Erzeugung von Wärme in der Wärmequelle, wenn das Uebermaß derselben am Ursprungsorte von den entferntesten; kälteren Körpern hinweggezogen worden ist. Im Allgemeinen zeigen feste Körper, in denen eine Wärmequelle sich verbreitet, in gleichen Abständen Temperaturen, welche sich umgekehrt, wie die Quadrate der Zahlen ihrer Abstände von der Wärmequelle verhalten. Ob dieß auch mit gasförmigen Körpern sich so verhält, aus denen die Wärmestrahlung lebhafter und schneller empfunden wird, ist nicht bekannt. Im Allgemeinen leiten Metalle die Wärme gut und zwar die edelsten Gold und Silber die Wärme besser als die unedeln und von diesen steht Eisen, Zink, Zinn, Blei dem Marmor, Porzellan und den gebrannten Steinen vor. Nach Despretz Versuchen verhält sich die Wärmefortpflanzungsschnelligkeit wie 1000 : 898,2 : 374,3 : 303,9 : 179,6 : 23,6 : 12,2 : 11,4 : 0,0 in den Substanzen Gold, Kupfer, Eisen, Zinn, Blei, Marmor, Porzellan, Ziegelstein und Holz, dessen Wärmeleitungskraft ganz unbedeutend ist. Der Erfolg einer Mittheilung von Wärme ist im Allgemeinen um so schwächer und erst nach ungleich längerer Zeit fühlbar, wenn derselbe durch dicke Körper erfolgt. Sehr bald werden dünne, schnelle Wärmeleitungsfähigkeit besitzende Substanzen Erfolg des Wärmeeinflußes oder Heizung vermitteln. In umgekehrtem Verhältnisse verhält sich die Abkühlung derselben Substanzen. Je kräftiger die Ergreifung der Wärme war, um so weniger wird sie von denselben Körpern zurückgehalten und um so langsamer ist die Erkaltung. Man weiß, daß zwischen zwei bestehenden Temperaturen, deren eine die der erhitzten Substanz, die andere die des zu erwärmenden oder die Wärme abziehenden Körpers ist, die Erkaltung des heißen Körpers für gleich große Zeiträume den Differenzen der Temperaturen beider Substanzen zu diesen gewissen Zeiträumen direct proportional ist. Die Erkaltung erfolgt aus diesen Gründen im Anfange ungleich schneller als gegen das Ende, wo eine gewisse Temperaturerhöhung des am wenigsten erwärmten Körpers ziemlich lange ausdauert. In welchen numerischen Verhältnissen aber die Wärme verschiedene Substanzen verläßt, ist unbekannt. Die Ausstrahlung der Wärme hängt aber nicht allein von der Beschaffenheit der Substanz, sondern auch von ihrer Oberfläche ab; blanke und polirte Substanzen verbreiten weniger schnell und daher auch mit geringerer Quantität beim Vergleiche in gleichen Temperaturen gegen andere Substanzen eine ihnen zuströmende Wärmemenge. Die dabei stattfindenden Verhältnisse machen es möglich, Oberflächen beliebig in den Zustand zu versetzen, mehr Wärme aufzunehmen und mehr Wärme zurück zu senden. Schon im Allgemeinen wird dieß geschehen durch rauh werden derjenigen Flächen, welche die einer Wärmequelle entspringende Wärme aufnehmen und derjenigen, von welchen dieselbe weiter geführt wird. Beschwärzen der Flächen vermittelt gleichfalls eine intensivere Ausstrahlung der Wärme. In Beziehung auf Ausstrahlung empfangener Wärme verhalten sich die Oberflächen von Ruß, Wasser, Schreibpapier, Kronenglas, Tusche, Blei, polirtes Eisen und die vier Metalle Zinn, Silber, Gold und Kupfer gegen einander wie 100 : 100 :

98 : 90 : 88 : 19 : 15 : 12. Da die Wärme bei ihrem Auffallen auf verschiedene Körper eben so verschieden schnell aufgenommen und im Gegentheile auch in verschiedenen Quantitäten ausgestrahlt wird, so ist es wichtig beim Heizen und Erhitzen zu fragen, in welchen Verhältnissen die Wärmezurückwerfung für verschiedene Substanzen stehe. Man kennt wenig wichtige Untersuchungen über diesen Theil der Wärmetheorie, der für sparsam einzurichtende Heizung sehr bedeutend werden kann. Messing, Zinnblech, Silber, Stahl, Blei, Zinnamalgam, Glas, geöltes Glas verhalten sich in ihrer Wärmezurückwerfung ungefähr wie 100 : 80 : 90 : 70 : 10 : 10 : 5 (nach Leslie). Ob polirte Flächen weniger Wärme zurückstrahlen als unpolirte derselben Substanz, ist nicht gemessen. Zu vermuthen ist, daß dieselben mehr Quantität von Wärme einschlucken werden, als rauhe, unebene Flächen, welche nicht so gleichmäßig der Wirkung der Wärme ausgesetzt werden können. Berußte Flächen eines Heizungsapparates nehmen ungleich weniger Wärme auf, als vom Ruße gereinigte. — Da im Allgemeinen alle Körper die Wärme bei jeder Temperatur, auf welche dieselben gebracht worden sind, ausstrahlen, so besteht die Beständigkeit der Temperatur eines Körpers oder Wärme ausstrahlenden Dinges in der Gleichheit der Quantitäten strahlender Wärme, die er zu gleichen Zeiten ausstrahlt, und die Gleichheit der Temperatur zwischen mehren durch wechselseitige Strahlung auf einander Einfluß äußernden Körpern wird auf der vollkommnen Gleichheit der Quantitäten beruhen, welche die Gesammtheit derselben und jeder Einzelne durch wechselseitigen Austausch in jedem Augenblicke mittheilt. (Prevost in Genf). —

Die **Heizung** hat verschiedene Zwecke und ist nicht nur danach verschieden einzurichten, sondern kann im Allgemeinen auf verschiedene Art ausgeführt sein. Die **Räume**, wo Feuer zur Heizung gehalten wird, heißen **Heerde**, **Kamine** und **Oefen**. Erstere sind völlig offene und frei unter einem Rauchabzugskanale gelegene Plätze, auf denen Feuer zum freien Brennen angemacht wird; Kamine sind Heerde, die in nischenähnlichen Vertiefungen mehr oder weniger hoch über dem Boden in den Wänden unter den Rauchfängen oder den Kanälen, welche den Rauch abführen sollen, angelegt sind. Oefen heißen alle diejenigen völlig umgränzten Räume, bei denen das Feuer in ihrem Innern angemacht und unterhalten wird. Sie sind transportabel oder fest auf eine Stelle gebaut; beide Arten von sehr verschiedener Größe. Die Heizung zerfällt daher in **Heerd-**, **Kamin-** und **Ofenheizung**. Jede Art derselben wird verschieden ausfallen, je nachdem der Zweck der Heizung eine besondere Form des Feuerraumes verlangt. Die Ofenheizung zerfällt in **Feuer-** oder **Flammenheizung**, in **Dampfheizung**, in **Luftheizung** und in **Wasserheizung**, je nachdem ein oder das andere Mittel gebraucht wird, das Heizungsgefäß zu erwärmen. Sie beabsichtigt entweder **Zimmerheizung**, oder **Gewächshausheizung**, **Trocknenstubenheizung**, **Darrstättenheizung**, **Abkühlungsheizung**, **Wärmraumheizung**, **Röststättheizung**, **Schmelzofenheizung**, **Backofenheizung**, **Destillir-** und **Brennofenheizung**, **Koch-**, **Brat-** und **Sied-**

stättheizung, Verkohlungsheizung. Die Heizung der Zimmer hat zum Zwecke die Luft, welche in denselben enthalten ist, auf einen gewissen Grad von Temperatur zu versetzen, der aus irgend einem Grunde daselbst wünschenswerth ist. Es muß dazu eine Wärmequelle erregt werden, welche die Temperaturerhöhung bewirkt und dieselbe muß fortdauernd vorhanden sein, um die verlangte mittlere Temperatur zu erhalten. Dieselbe wird fortwährend durch die begränzenden Mittel, über welche die Temperatur des Zimmers gesetzt worden ist, vermöge der Fortpflanzung der Wärme nach kälteren Mitteln herabgezogen werden. Um wie viel diese Herabziehung geschehe, ist nöthig zu wissen bei Veranschlagungen, um zu bestimmen, wie lange Zeit eine erregte Temperatur sich bewahren könne, wie lange ihr allmäliges Erkalten ohne Kälteerregung vor sich gehen könne. Die Kenntniß der Beschaffenheiten in Bezug auf Material und auf Ausführung und die Dicke der Wände des Zimmers, ihrer Decke, ihres Bodens, ihrer Fenster und Thüren, wird auf Beantwortung derartiger Fragen führen können. Diese Gegenstände zusammen werden gegen ihre äußern Umgebungen als Wärmeausstrahlende Dinge wirken, deren specifisches Ausstrahlungsvermögen und Wärmeleitungskraft leicht ausgemittelt werden kann. Der Eigenthümlichkeit der Materialien zufolge wird wegen geringerer Wärmeabführung ein Zimmer mit Wänden von Lehmziegeln länger warm bleiben als ein ähnliches mit Backsteinen, und dieses wieder besser als ein drittes von Bruchsteinen. Lückenhafte Fenster, schlecht gearbeitete Dielen und Thüren veranlassen schnellere Erkältung eines Zimmers. Oefteres Oeffnen der Thüre bewirkt dasselbe. Ersteres kann vermieden, letzteres bei Berechnung der Heizung in Anschlag gebracht werden, wenn man in Rechnung bringt, wie viel ein jedesmaliges Oeffnen der Thüre erwärmte Luft nach Cubicinhalt entführt und durch kältere ersetzt. Bei diesen Berechnungen ist jedoch nicht außer Acht zu lassen, daß in Räumen, welche zum Bewohnen dienen sollen, Menschen und Lichter in den Zimmern außer der Heizung selbst ebenfalls zur Erhöhung der Temperatur beitragen. Ein gesunder sich bewegender Mensch athmet so viel Luft ein, daß durch die Temperatur der ausgehauchten Luft in jeder Minute 2,4 Par. Cub.F. Luft um 25° C. an Wärme erhöht werden wird. Bei längere Zeit sitzenden wird dasselbe Verhältniß nur zur Hälfte in Anschlag gebracht werden können. Ein Unschlittlicht von $\frac{1}{8}$ Pfd. oder eine diesem gleiche Oelflamme erhöht à Min. 2,04 Par. Cub.F. Luft um 25° C. Die Kaminheizung verursacht Erwärmung der Luft durch unmittelbare Ausstrahlung der Wärme des Feuers in dieselbe. Zur Verhinderung von Wärmeverschluckung an der hintern Seite des Feuers durch die Wände des Kamins, pflegt man dieselben daselbst mit einem die Wärme stark zurückstrahlenden Materiale (z. B. polirtem Messinge) zu bekleiden. Um den Rauchabzug zu verwirklichen, bedürfen Kamine starken Luftzug, welcher viel erwärmte Theile der Luft und viele Feuerwärme ungenutzt mit in die Höhe reißt. Wo das Holz nicht selten ist und nicht gespart zu werden braucht, liefern dieselben jedoch eine der gesündesten Heizungen wegen der schnellen Ersetzung von Luft und der baldigen und leichteren Entfernung durch Aus-

athmen, Lichterverbrennen und dgl. verdorbenen, warmen Luft. Kamine erhalten bei ihrer Ausmündung in die Esse einen Schieber, um nach Abbrennung des Feuers und völliger Entfernung des Rauches das erwärmte Zimmer vom Rauchfange abzuschließen.

Bei der Ofenheizung bedient man sich des eingeschlossenen Feuers oder eines in einem völlig umgränzten Raume vorhandenen Feuers, durch dessen Wände die Wärme des Feuers abgegeben wird. Die Idee, welche dem Ofen unterliegt ist die, jene beim Erwärmen durch offnes Feuer im Kamine entweichende Wärme und die erhitzten Dampftheile desselben mittelst eines im Zimmer befindlichen gegen Rauchaustritt wohl verwahrten Raumes zurückzuhalten, um auch mittelst derselben Wärmung und Heizung zu erlangen. Die Nothwendigkeit Holz zu sparen hat demnach zunächst auf die Erfindung dieser Heizung geführt. Metalle zum Materiale anzulegender Oefen gewählt, bewirken eine bessere und schnellere Wärmeausstrahlung und Absorption von Wärme in einer Zeitgröße gegen Porzellane und Thone, welche die langsamer erhaltene Wärme dagegen gleichmäßiger und längere Zeit in sich halten und daher längere Zeit wärmen. Bei der Anlage von Oefen ist in Bezug auf anzuwendendes Material in Ueberlegung zu ziehen, welcher Wärmeerfolg dem Zwecke der Heizung angemessen sein könne. Man kann ferner berücksichtigen, wie bei bereits erbauten Oefen aus dem einem oder dem andern Materiale bestehend, während einer Heizung die Luftzuführung zu reguliren sein möge, um durch schnellere oder geringere Intensität des Feuers das Verbrennen einer Quantität Holz in Kompensation zu bringen. Kleine Oefen von Metall verstatten keine lebhafte Luftzuführung, weil nicht viel von dem erhaltenen Wärmestoffe in ihren Räumen zurückgehalten werden kann. Sie kann jedoch lebhafter sein, wenn die Wände derselben dünn sind, so daß dieselben um so vielmehr Wärme abgeben können. Größere Oefen von Metall werden durch lebhafte Luftzuführung leicht in größere Gluth versetzt werden können, als wünschenswerth sein wird, wenn sie auch außerdem viele Wärme zurückhalten und daher eine lange ergiebige Wärmequelle abgeben werden. In gleichem Verhältnisse der Erwärmung stehen große thönerne Oefen mit eisernen Heizkästen, als Feuerräume, und Aufsätzen von gebranntem Thone, welche hohl sind und viele erwärmte Luft im Innern zurückhalten. Oft kann ein großes Feuer mit lebhafter Luftzuführung verbrannt, mehr Wirkung verursachen, als einige kleinere, unter gewöhnlicher Zuführung der Luft abgebrannt. Ein kleines Feuer in großen, massiven Oefen wirkt gewöhnlich gar nicht zur Heizung. Kleinere Oefen von Thon sind am besten mir starken Feuern und starker Luftzuführung zu erheizen. Eiserne Oefen sind kostbarer beim Ankaufe; dünne derselben verbrennen leicht in einzelnen Theilen; beide behalten jedoch einen gewissen Metallwerth; Thonöfen sind, wenn dieselben nicht zu künstlich dargestellt werden, wohlfeiler als jene, halten länger als dünne Eisenblechöfen, wirken jedoch in gleichen Zeiten mit gleich starken Feuern nicht so viel wie jene. Beide Arten von Oefen sind mit Rosten einzurichten, wenn dieselben mit Steinkohlen und Torf geheizt werden sollen. Eiserne Oefen sind theils gegossen aus einem Stücke oder aus mehreren zusam=

mengesetzt, oder sie bestehen aus eisernen Platten. Erstere Art sind Kanonen- und Pyramidenöfen. Die letztere Art wird aus einzelnen Platten zusammen geschmiedet. Bei Zusammenarbeitung beider Arten von Oefen hat man auf die Ausdehnung durch Erwärmung und Zusammenziehung durch Erkältung Rücksicht zu nehmen. Oeftere Ausdehnung und Zusammenziehung bewirkt Auseinandergehen der Nieten an denselben. Die aus Platten zusammengesetzten Oefen werden in ihren Fugen mittelst guter in großer Hitze wenig an Volumen abnehmender Kitte zusammenzuarbeiten sein. Alle Oefen bekommen ein Einheizeloch und eine Abzugsöffnung für den Rauch. Das erstere ist bei den Wind- und Zugöfen im Innern der zu erheizenden Räume gelegen, letzteres außerhalb des Zimmers bei den Kaminöfen. Bei den letztern wird häufig Einheizeloch und Rauchabzugsöffnung in eine Oeffnung vereinigt. Erstere gewähren den Vortheil, vom Zimmer aus die Heizung reguliren zu können. Die Abzugsöffnung des Rauches am Ofen im Zimmer ist häufig mittelst einer Röhre mit der Esse verbunden, wenn der Ofen nicht unmittelbar an die Wand angebaut ist. Wo dieselbe angebracht ist, findet man im Innern der Röhre ein von Außen zu bewegendes Ventil, vermittelst dessen die eiserne Rauchröhre völlig oder nur zum Theil abgeschlossen werden kann, theils um den Luftzutritt zur Einheizeöffnung zu reguliren, theils um den Austritt erwärmter Luft nach dem Abbrennen des Feuers aus dem Innern des Ofens zu verhindern. Die Oeffnung für Einheizung an Wind- und Zugöfen ist immer mit einer zu verschließenden Thüre versehen, in welcher eine kleinere anzubringen ist, durch welche Luft für Verbrennung in die Brennräume eintreten kann. Oefen sind nicht gut in der Nähe der Thüre angebracht, weil um dieselben immer die größere Wärmeerhöhung vorhanden ist, und daher bei der Oeffnung der Thüre im Verhältniß mehr Wärme hinaustreten wird, als wenn dieselbe entfernt vom Ofen gelegen ist. Zuweilen bringt man die Oefen in nischenartigen Vertiefungen in den Wänden an. Aber zu tief gelegene Oefen geben zu viel von ihrer Wärme an die Wände ab, strahlen weniger in das Zimmer aus und bewirken dadurch weniger gute Heizung. Der Luftzug in den Oefen muß so beschaffen sein, daß alles eingelegte Holz im Verhältnisse der beabsichtigten Wirkung schnell und gänzlich ohne zu verrauchen verbrannt werde. Dieß wird im Allgemeinen erreicht, wenn die Austrittsöffnung des Rauches hoch oben im Ofen angelegt ist. Selbst wenn von da aus das Blechrohr zur Essenöffnung vielfach gebogen auch wieder herabwärts geführt wäre, würde doch durch die leichtere Beschaffenheit der erwärmten Luft im Ofen und hierdurch durch den Unterschied des Druckes zwischen den Luftsäulen an der Oeffnung des Lufteintrittes außerhalb des Ofens und an der Oeffnung des Lufteintrittes innerhalb des Ofens ein größerer durch die Klappenventile zu regierender Luftzug bewirkt werden, als wenn das Austrittsrohr für die Dämpfe niedrig angebracht ist. Nicht wenig förderlich für gutes Brennen ist die Lage der Hölzer im Feuer. Ein Aufbau von Holz, welcher den Luftzutritt abdämmt, bringt sehr unvollkommne Resultate der Verbrennung hervor. Ein Feuer mit kreuzweis übereinandergelegten

Hölzern, die nicht zu weit von einander entfernt liegen, wird die möglichst größte Hitze entwickeln. Die innere Weite des Ofens muß der Größe des darin befindlichen Feuers angemessen sein, und dieses wieder der Größe des zu erheizenden Raumes. Da das Feuer bei der Berührung intensivere Wärme mittheilt, so leuchtet ein, daß z. B. ein großer Ofenkasten mit kleinem Feuer wenig nützen würde. Eben so wenig vortheilhaft und körperlich angenehm wird ein großer, verhältnißmäßig geheizter Ofen in kleinen Zimmern sein, und umgekehrt ein kleiner in einem sehr großen. Bei Berechnung der Quantitäten Wärme, welche die Oberfläche eines Ofens ausstrahlen muß, um ein Zimmer bis zu einer gegebenen Temperatur auf angemessene Weise zu heizen, hat man in Obacht zu nehmen, wie viel vom verbrennenden Holze im Ofen in die Esse als unbenutzte Wärme gesendet wird. Dieß ist bei gewöhnlichen Oefen etwa $\frac{1}{4}$ des Ganzen. Nur bei sehr langsamen aber vollkommnen Verbrennen des Holzes in gut eingerichteten Sparöfen dürfte sich dieser Verlust auf $\frac{1}{5}$ herabziehen. Diese Oefen werden jedoch nur langsam anheizen. Nach Wagemann (S. Heizung mit erwärmter Luft) soll 56 □F. Oberfläche eines thönernen Ofens hinreichen, um in jeder Minute 96 Cub.F. Luft auf 20° C. oder 67 Cub.F. auf 25° C. zu erhitzen. Nach Muncke gibt 1 □F. geheizte Metallfläche 152,3 Cub.F. Luft in einer Minute die Temperatur von 25° C., wenn dieselbe Metallfläche in 1 Sec. 0,5 Cub.F. Wasserdampf schafft. Die Zurückhaltung der vom Luftzuge am Ofen aufgerissenen Wärme in den Oefen hat man durch die Züge in den Oefen vermittelt. Die Züge oder Kanäle gehen einigemale in den Oefen vertikal und horizontal herum und der aufgetriebene erhitzte Dampf und die aufsteigende, heiße Luft ist genöthigt, durch diese Kanäle hindurch zu gehen, ehe sie zum Ausmündungsröhre an der Esse gelangt. Oefen mit vielen Zügen, in welche von der Einheizmündung ein heftiger, gebläseähnlich wirkender Luftzug eintreten kann, der alle Dampf- und Rauchtheile des brennenden Holzes zu verzehren befördert, ehe der viel Raum fassende Ofen so erfüllt ist, daß die erwärmte Luft mit gleicher Heftigkeit zur obern Ausmündungsöffnung ausströmt, gewähren eine sehr vortheilhafte Heizung. Von mehren Künstlern im Baue von Oefen werden vertikal nebeneinander auf und abwärtsgehende Züge den schraubenförmigen und auf andere Art hin und hergeführten vorgezogen. Durch jene Art von Windung soll auch die Decke des Ofens wärmeausstrahlend wirken. Die Form und Weite der Kanäle wird im Ganzen genommen so einzurichten sein, daß dieselben nicht zu leicht von Ruß besetzt werden können. Es ist vortheilhaft, wenn die Oefen die größtmöglichste Oberfläche gewähren, weil nur in diesem Falle die Ausstrahlung der größten Quantität von Wärme ermöglicht wird. Das Ofenfeuer und die Basis, auf welcher dasselbe errichtet werden soll, ist so nahe als möglich an dem Boden anzubringen, weil die Luft eines geheizten Zimmers ungleich wärmer an der Decke ist, als am Boden, auch die erwärmte Luft an sich schnell in die Höhe steigt, und durch niedrigliegende Feuer leichter Wärme an die untern Theile eines Zimmers mitgetheilt wird. Niedrige Füße unter den Platten der Oefen

anzubringen ist rathsam. Auch wird zweckmäßig sein, die Oefen immer frei von Asche zu halten, und die zum Boden des Ofens herausströmende Wärme zur Heizung zu benutzen. Ist ein Zimmer so gut verwahrt, daß weder Fenster noch Thüre, Boden und Decke Risse besitzen, durch welche äußere, kältere Luft eindringen könnte, so erfordert die Ermöglichung eines gesunden Aufenthaltes in demselben häufige Lüftung vor Anfange einer Heizung; auch wird man genöthigt sein, bei einigen Arten von Zug- oder Windöfen eine Luftzuleitungsröhre von außerhalb des Zimmers zum Feuerplatze zu leiten, um Luftcirculation am Feuer hervorbringen zu können. Diejenige Luft, welche mit Wärme aus den Röhren in die Esse entweicht, wirkt zweckmäßig, um die Luft der Esse so zu verdünnen, daß der Rauch von dem in die Einheizungsöffnung des Ofens eindringenden Luftzuge in die Höhe getrieben werden kann. Bliebe die Luft in der weitern Esse kälter, so würde leicht der Rauch und die Flamme des Feuers aus der Oeffnung im Zimmer in das letztere hinein getrieben werden können, weil nach dynamischen Gründen des Gleichgewichtes gasiger Flüssigkeiten durch die Erwärmung des Zimmers die daselbst ausgespannte Luft der kälteren, welche aus der Esse bis zur Flamme gelangen könnte, weichen müßte. Einen vortheilhaft eingerichteten, ziemlich geräumigen Ofen gibt die Zeichnung (Fig. 35, 36, 37, 38 nebst Maßstab Fig. 39.) Derselbe kann ganz von Thonkacheln oder auch mit einem eisernen Ofenkasten erbaut sein. Es ist ein Kaminofen mit Zügen. In der Zeichnung bedeutet a das Aschenloch, b die äußere Oeffnung desselben am Kamine, c den Feuerrost von Eisen oder Stein, d das Ofen- oder Einheizeloch, e ein Gitter um zu verhindern, daß das Feuerholz in den Raum p dahinter falle, f die obere Platte des Feuerraumes auf eisernen Stangen ruhend, g eine Zunge von einem Ziegel um zu hindern, daß die Feuerflamme in den Raum p schlage, h sind Vertiefungen in den am Aschenraume drei Zoll dicken Thonkacheln, um zu hindern, daß die brennenden Hölzer an die Kacheln ihrer ganzen Länge nach sich anlegen, k die Rauchausgangsröhre zur Esse i, l sind leere Räume zwischen den einzelnen Zügen n, n, n, n des Ofens, m ist ein künstlich geformter Aufsatz. Dieser Ofen ist in dem gezeichneten Maßstabe vorzüglich gut in größeren Zimmern (Concertsälen, Passagierstuben u. s. w.) zur Heizung. Mit zweimaliger Heizung an einem Tage erhält derselbe ein solches Zimmer in genügend warmer Temperatur. Einen zweiten aus Eisen- oder Thontheilen zusammenzusetzenden Wind- und Zimmerofen mit verticalen Zügen gibt Zeichnung (Fig. 40 und 41 nebst Maßstabe Fig. 42.) Die Richtung der Pfeile in demselben gibt die Richtung des Rauchzuges an. a ist die Ofenthüre zum Einheizen, b dieselbe zum Aschenraume, d, d, d ist aus Ziegeln compact gebaut und darinnen der Aschenraum ausgehalten; e und f sind von Thon und Eisen zwei unzertrennbare Stücke; g, g, g sind hohle Röhren aus dem Ganzen geformt; h ein untheilbarer Aufsatz mit Wänden, Decke und Zügen im Innern. — Die Aufführung von Koch-, Brat-, Siede-, Spar- und Backöfen gehört in das Gebiet der Technik und Oekonomie. (S. vollständige Feuerungskunde

von K. Leuchs, Nürnberg 1827; Wimmer über Erwärmung der Menschenwohnungen, München 1828; A. Gärtner, Angabe von Oefen, Herden und Kaminen; die Holzersparungskunst von J. H. Sachtleben, Quedlinburg, 1790; Rommerdt, Anweisung Stubenöfen und Kochöfen zu bauen, Eisenach 1803 und 2te Auflage 1804; G. F. Werner, Abhandlungen über Stubenöfen, Kochherde und Kochöfen, Hamburg 1797; J. H. Wagners Abhandl. von holzersparenden Kochherden, Koch- und Bratöfen, Waschkesseln, Magdeburg 1789 — 1803, 3 Th.; v. Werneck phys. chem. Abhandl. über die deutschen Hölzer, Gießen 1808). Jede Feuerheizung hat auf die Einrichtung des Hauptrauchabzugskanales der Esse oder des Rauchfanges Rücksicht zu nehmen. Derselbe muß im Allgemeinen so eingerichtet sein, daß er nicht zu viel Zug erregt, daß er jedoch bald erwärmt werden kann, um aufsteigenden Luftzug zu veranlassen, daß er hinreichend schnell zu reinigen ist, daß seine Ausmündung ins Freie vor Wind geschützt ist, so daß die aufsteigenden Dämpfe nicht zurückgetrieben werden, und daß auffallende Sonnenstrahlen auch nicht zu Zeiten ihrer höchsten Temperatur am Ausgange der Esse eine so hohe Temperatur und demgemäß Ausdehnung der Luft veranlassen, daß die umgebende Luft der Atmosphäre in das Innere der Esse hineindrängt und den Austritt des Rauches verhindert. Die Hitze, welche man durch die ausstrahlende Wärme der Oefen allein, ohne Glühung ihrer Eisentheile, gewähren kann, erreicht noch nicht die Siedehitze.

Zimmer, Gewächshäuser, Trocknenstuben, Darrstätten, Wärmräume sind vortheilhaft durch Luftheizung oder durch Einleitung von erwärmter Luft zu erheizen. Bei der Luftheizung erfolgt die Erwärmung der Luft in Oefen von besonderer Konstruction, oder wenn ganze Häuser mit derselben geheizt werden sollen durch Oefen, welche sich in besonderen Räumen befinden, aus denen die erwärmte Luft vermittelst verschiedener davon ausgehender Röhren und Kanäle fortgeleitet wird. Die Idee der Luftheizung ist bereits bei den Römern und im Mittelalter bekannt gewesen, wie man aus den Gebäuden und Schriften jener und aus den Schlössern der Deutschordensritter erkannt hat. Sie findet sich wieder in denjenigen ländlichen Wohnungen des Nordens, wo die untern Wohnzimmer des Besitzers durch eine Fallklappe mit den obern Schlafräumen in Verbindung stehen, welche bei der Abendzeit zur Hinaufleitung der erwärmten Luft des Zimmers geöffnet wird. (Meißner's Heizung mit erwärmter Luft, Wien 1822; Wagemann über Heizung mit erwärmter Luft, Berlin 1827). Heizkammern, aus denen die erwärmte Luft in andere Räume (Kirchen, Theater, Concertsäle, Schlösser, Häuser) treten soll, müssen Wände bekommen, die schlechte Wärmeleiter sind, wenn dieselben nicht im Innern der Häuser liegen. Diejenigen Wände derselben, welche Wärme entziehen würden, sind am besten doppelt mit einem Zwischenraume Asche oder trockner Luft aufzuführen. Die Heizkammern brauchen keinen sehr großen Raum einzunehmen, wenn sie nicht zu gleicher Zeit als Dampfbad- oder Wäschereistuben dienen. Wenn um den Ofen 1 Elle Entfernung bis zu den Wänden und der Decke ist, so reicht dieß hin

zu allen Bewegungen, die in diesem Raume geschehen sollen. Die **Wärmekanäle**, welche die Wärme fortleiten sollen, mögen an den Wänden in jedem Niveau und auch in den Decken, welche gewölbt sein können, angebracht werden. Die Luft steigt in denselben aufwärts mit einer Schnelligkeit, die ihrer Temperatur proportional ist, und ziemlich eben so schnell pflanzt sie sich in horizontaler Richtung fort. Die **Heizkanäle**, welche erwärmte Luft zuführen, werden in den zu heizenden Räumen, wenn dieselben in einem Niveau mit dem Heizraume liegen, am besten in die oberen Theile derselben gelegt, so daß die Ansammlung der heißeren Luft an der Decke geschieht, und von da aus allmälig herabdrückt. Im obern Zimmer kann dieselbe unter dem Boden angebracht werden, und durch bestimmte Oeffnungen ins Zimmer treten. In Zimmern auf diese Weise geheizt, wird die Wärme immer bis zu einer gewissen Höhe bemerklicher sein, als an der Decke, und die Luft an der Decke erst durch eintretende wärmere Luft in höhere Temperatur versetzt werden können. Diese Art der Luftheizung erfordert als Heizraum eine Luftzuführung von geringerer Temperatur als die Luft überhaupt hat, welche in den zu heizenden Zimmern eingeschlossen ist. Denn wäre kein stark gewichtiger Luftdruck, den kältere, dichtere Luft hervorbringt, unter dem Heizraume, so würde die kältere Luft in den zu heizenden Räumen die aufsteigende wärmere am Eintritte ins Zimmer verhindern. Auch kann die Wärme durch weite Oeffnungen an den Seiten der Zimmer eingebracht werden, und die kalte Luft der Zimmer zu gleicher Zeit durch dieselbe zurückgeführt werden. Wenn die eindringende warme Luft, die im Zimmer oder in einem andern zu heizenden Raume befindliche kalte Luft veranlassen soll zu weichen, so wird man deßhalb entweder weite Oeffnungen der Zugänge anzufertigen haben, in denen eine Zurückströmung neben der Einströmung statt haben kann, oder man muß die Einleitungsröhren über den erwärmenden anbringen und diese wiederum vom Boden des zu heizenden Raumes aus bis zu dem Boden des Heizraumes hinabführen. Die Zuführungskanäle der wärmeren Luft, welche sich schneller bewegt als die kältere, können von geringerem Durchmesser sein, als die, welche die kalte Luft abführen, damit die Volumina beider Gase, welche in Bewegung sind, ihren Bewegungen gemäß sich ausgleichen können. Die Querschnitte dieser Kanäle müssen sich umgekehrt wie die Geschwindigkeiten der ungleichen Luftbewegung verhalten. Die Geschwindigkeit einer Luftbewegung c in diesen Röhren ist aber $=$ $0{,}5 \times 0{,}00375\, t - t' \sqrt{4gh}$, wenn t die Temperatur der Luft, in welcher sich dieselbe bewegt, t′ die der Luft selbst, h die Höhe der sich bewegenden Luftsäule aus dem Heizraume ist. Wird t die Temperatur des Zimmers größer als t′, so ist $t - t'$ negativ, und die Bewegung aufwärts; ist t die des Heizraumes und t′ die der Säule wie im Zimmer kleiner, so ist $t - t'$ positiv und die Bewegung eine unterwärts gehende. Ist g in 1 Sec. $= 15$ Par. Fuß und m die Quantität der erforderlichen Luft, so ist q der Querschnitt jedes Kanales $= \frac{m}{0{,}87142\, t - t' \sqrt{h}}$. Die Kanäle sind gerade zu führen und

Krümmungen möglichst zu vermeiden. Alle zu heizenden Räume, wenn mehre durch einen Heizraum zu erwärmen sind, müssen so eingerichtet werden, daß man nach Belieben sowohl den Eintritt von warmer Luft hindern, als auch den Austritt von Luft zu beiden dazu bestimmten Oeffnungen oder zu der einzigen, wo nur eine ist, durch Verschließen hindern kann. Nützlich ist es dem Heizraume einen besondern kalten Luftzuführungskanal aus Vorplätzen oder aus dem Freien zu verschaffen, um mittelst desselben die Beschaffenheit und Quantität der zu erhitzenden Luft regieren zu können. Diese Oeffnungen, damit dieselben zu Zeiten der ganzen Luftentweichung aus dem Heizraume Genüge leisten können, müssen einen Querschnitt besitzen, der der Summe der Querschnitte aller Wärmeaustrittsöffnungen gleich ist. Auch müssen dieselben mit einer oder mehren Klappen zum regieren des Oeffnens versehen sein. So lange als aus den zu heizenden Räumen kalte brauchbare Luft in den Heizraum zurücktritt, können diese Reserve-zuleitungen gänzlich geschlossen bleiben. Diese Kanäle werden viele Vortheile gewähren, weil dieselben den Luftwechsel und die Circulation in jedem Verhältnisse mit dem Gleichgewichte des Luftwechsels außerhalb des Gebäudes merklicher in Verbindung setzen. Eine Störung des Luftgewichtes im Aeußern, welche eine Bewegung der Luft von 3 — 4 Fuß nach einer Richtung oder einen eben so geschwind sich fortpflanzenden Wind zur Folge hat, kann nur durch die nicht zu störende Verbindung kleiner Risse im Gebäude, in den Fensterrahmen unter Umständen eine solche Einwirkung haben, daß die warme Luft aus einem Heizraume in besonders gelegene Räume gar nicht eintritt, wenn jede Verbindung der Luft im Innern eines Gebäudes mit der Atmosphäre außerhalb abgeschlossen ist. Soll bei der Einheizung und Erwärmung eines Zimmers schnell Wärme mitgetheilt werden, so wird man diesen Zweck sehr bald erreichen, wenn man ein oberes Fenster des Zimmers öffnet, sobald nämlich die Wärmezuführungsröhren tief in denselben Raum geleitet sind. In diesem Falle wird die erwärmte leichtere Luft nach den physikalischen Gesetzen der Bewegungen verschieden leichter Flüssigkeiten schneller aus den Heizräumen in die Höhe geführt werden, weil ebenfalls die Luftcirculation des Innern in directe Verbindung mit der auch in das Untertheil des Hauses oder Heizraumes drückenden Atmosphäre gebracht worden ist. Es ist holzersparnißreicher, die Luft der Zimmer, wenn dieselben allmälig an den kalten Räumen sich abkühlt, in die Heizräume zurücktreten zu lassen und deßhalb dazu schickliche Röhren anzubringen, weil dieselbe immer in gewissem Grade erwärmt ist und daher nicht so lange in dem Heizraume zu verharren braucht, auch nicht so viel der dortigen Wärme verschluckt und daher weniger am Brennmaterial zehrt als nur kalte Luft, hinzugeführt zu den Heizräumen. Man berechnet das Verhältniß der Holzconsumtion, wenn zu den Heizräumen nur kalte Luft des Aeußern geleitet wird, zu denselben, wenn die abgekühlte Luft der Zimmer dahin geführt wird $= 1 : \frac{t'}{t' - t''}$, wo t' die Wärme der zuströmenden, t'' die Wärme der aus den Zimmerräumen abfließenden Luft ist. Wenn die mittlere Temperatur der

in besonderen Essen entfernt wird, kann eine derartige Vorkehrung erspart werden.

Luftheizung und Dampfheizung empfehlen sich an Orten, wo viel Raum auf einmal, wenn auch nur zuweilen geheizt werden soll, und wo oft geheizt wird. Außer beiden Einrichtungen hat man auch natürliche heiße Wasser in der Art wie Dämpfe zur Heizung zu benutzen gesucht, indem man dieselben durch wasserdichte Röhren in den Heizräumen herumführte. Eine besondere Art Luftheizung ist die Kanalheizung der Gewächshäuser. Diese besteht aus einem Feuerungsraume, von dem aus Blechkanäle in den Gewächshäusern zuerst am Boden herum und dann in höherer Lage über dem Boden geführt sind, durch welche die Dämpfe, Rauch und vom Feuer aufsteigende warme Luft hindurch geführt und zum Theile darinnen verschlossen gehalten werden kann, um allmälig ihre Wärme ins Gewächshaus abzugeben. Die Kanäle sind meist an den Wänden, doch zuweilen auch quer durch das Gebäude hindurch geführt. Heizung überhaupt ist nach dem Thermometer zu reguliren, und jeder Zweck der Technik hat bestimmte Temperaturen, die am vortheilhaftesten anzunehmen sind.

Noch mag erwähnt werden, daß man sich in neuerer Zeit auch des aus Borbrunnen gewonnenen Wassers, welches eine beständige Temperatur von etwa 10° R. hat, bedient hat, um namentlich Arbeitssääle in Fabrikgebäuden damit zu erwärmen, indem man es in denselben in offnen Rinnen herumgeleitet hat. Die Wärme dieses Wassers ist hinreichend um in einem Zimmer, in dem eine beträchtliche Anzahl von Menschen arbeiten, auch im Winter eine angenehme Temperatur zu erhalten. (Vergl. d. Art. Quellen, Borbrunnen.) R.

Heliostat, (v. d. griech. ἥλιος Sonne und ἵστημι stellen), ein Instrument, welches dazu dient, den Strahlen der Sonne eine bestimmte beliebige Richtung zu geben und sie bei dem Fortrücken der Sonne in dieser Richtung zu erhalten. Bei sehr vielen optischen Versuchen, namentlich bei den Untersuchungen über die Natur des Lichtes, muß man die Sonnenstrahlen durch eine kleine gewöhnlich im Fensterladen angebrachte Oeffnung in ein dunkles Zimmer fallen lassen. Gesetzt in Fig. 43. stelle A B den Fensterladen mit der kleinen Oeffnung bei O vor, so werden nur diejenigen Strahlen von der Sonne S aus ins Zimmer fallen, welche der geraden Linie Ss nahe liegen; das Sonnenbild entsteht bei s. So wie aber die Sonne S ihren Stand verändert (und dieß geschieht fortwährend), also etwa von S nach S′ geht, ändert sich demgemäß auch der Ort des Bildes, er ist nicht mehr s sondern s′. Ein anderer Uebelstand ist die Schiefe der Strahlen. Diese nämlich hat zur Folge, daß sie sich nach ihrem Eintritt in das dunkle Zimmer gegen den Fußboden richten, so daß man in einer nur gewöhnlich sehr kleinen Strecke Versuche mit ihnen anstellen kann; auch kann der Sonnenstrahl demzufolge nur während einer kleinen Anzahl von Stunden in das Zimmer eintreten. Durch die beiden erwähnten Umstände (die Bewegung der Sonne und die Schiefe ihrer Strahlen ist die Dauer und Leichtigkeit der Versuche beschränkt, und s'Grave-

fand hat daher das von ihm **Heliostat** benannte Instrument erfunden, um den Sonnenstrahl in einer bestimmten Richtung zu fixiren.

Das Instrument besteht gewöhnlich in einem Planspiegel, der zur nöthigen Stellung gegen die Sonne mit einem dienlichen Mechanismus versehen ist. Mittelst dieses Mechanismus wird der Spiegel entweder mit der Hand oder durch ein Uhrwerk, dem Laufe der Sonne analog in Bewegung gesetzt.

Einen sehr einfachen Heliostat ohne Uhrwerk beschreibt **Baumgartner** und Fig. 44. stellt ihn dar, und zwar unter A perspectivisch, unter B im Durchschnitte. Er besteht aus einer metallenen Röhre, die gegen b hin offen, in a dagegen mit einem Deckel versehen ist, der eine kleine runde Oeffnung hat. C ist ein ovaler Spiegel, der sich um eine Axe drehen läßt, die durch seine spiegelnde Ebene geht. Diese Axe ist mit einer Rolle d in Verbindung, an welche eine Schnure ohne Ende geht, die zugleich die Rolle e umfaßt. Dreht man am Knopfe f, so wird der Spiegel um seine Axe bewegt, und dadurch der auf ihn fallenden Lichtstrahl so reflectirt, daß er parallel mit der Axe des Rohres fortfährt und durch die Oeffnung am Deckel gehen kann. Um der Axe des Spiegels die gehörige Neigung gegen den Horizont zu ertheilen, braucht man das Rohr ab nur so durch ein Bret zu stecken, daß es darin durch bloße Reibung festhält und der Theil mit dem Knopfe f innerhalb des Zimmers sich befindet. Da bewirkt man leicht mit freier Hand die nöthige Drehung der Röhre und bringt auch die Axe des Spiegels in die gehörige Lage. Das ganze Instrument braucht nicht über 3 Zoll lang und $1\frac{1}{2}$ Zoll weit zu sein. Der Spiegel ist groß genug, wenn sein größerer Durchmesser 1 Zoll, der kleinere $\frac{1}{2}$ Zoll beträgt. —

Brandes beschreibt eine andere als Heliostat dienende Vorrichtung, welche durch die Hand des Beobachters bewegt wird, aber der eben angezeigten an Bequemlichkeit nachsteht.

Man richtet den Spiegel, durch welchen man den Lichtstrahl in das dunkle Zimmer bringen will, so ein, daß er neben der Oeffnung, wo der Lichtstrahl hereinbringen soll, angeschraubt werden kann, und gibt ihm eine doppelte Bewegung vermittelst Stellschrauben. Es wird nämlich an den Fensterladen, in welchem die Oeffnung zum Einlassen des Lichtstrahls befindlich ist, eine starke viereckige Messingplatte angeschraubt, in deren Mitte ein kreisförmiges Stück von etwa 3 Z. Durchmesser so ausgeschnitten ist, daß es sich leicht in dem übrigen Theile der Platte drehen läßt. Eine in die Randzähne der Scheibe eingreifende Schraube ohne Ende bewirkt diese Drehung so, daß jene ausgeschnittene Scheibe in ihrer Höhlung jede willkührliche Stellung annehmen kann. Dieses kreisförmige Stück hat in seiner Mitte die Oeffnung, die den Lichtstrahl einlassen soll, und an dem Rande desselben ist mit einem Charnier ein Spiegel so befestigt, daß er sehr verschiedene Neigungen gegen die Messingplatte, also auch gegen den Fensterladen, annehmen kann. Indem man nun diesen Spiegel an diejenige Seite der Kreisscheibe stellt, wo seine Mitte mit der Sonne und der Oeffnung in einer Ebene ist, und wo dann von selbst schon diese Ebene

gegen die Spiegelfläche senkrecht ist, und mit Hülfe einer zweiten in ein gezahntes Rad eingreifenden Schraube die Neigung des Spiegels passend bestimmt, so erhält man einen durch die Oeffnung in das Zimmer geworfenen reflectirten Strahl, und kann durch leise, aber oft wiederholte Fortrückung beider Schrauben den Sonnenstrahl in einer sehr nahen unverrückten Lage erhalten.

Baumgartner gibt ferner die Beschreibung eines Heliostaten mit Uhrwerk mit zwei Spiegeln, welchen er (so auch Frauenhofer) am vorzüglichsten hält, so wie eines Heliostaten mit einem Spiegel.

Die Einrichtung des ersteren beruht auf Folgendem: „Es sei (Fig. 45.) AaF die Ebene des Himmelsäquators, C die Erde, welche hier als Punkt angesehen werden kann, und Pp die Weltaxe, Aa endlich der Durchschnitt der Mittagsebene des Beobachtungsortes mit dem Aequator, also die Mittagslinie. Befindet sich die Sonne bei der Culmination in S und sendet einen Strahl SC nach C, so ist Sa ihre Abweichung = d. Soll dieser Strahl durch einen Planspiegel Mm nach CP reflectirt werden, so muß die in C auf dem Spiegel errichtete Senkrechte in der Ebene SCP, also in der Mittagsebene liegen und es muß überdies SCm = PCM sein, oder es muß die auf dem Spiegel senkrechte CD den Winkel PCS, welcher den Abstand der Sonne vom Pol = 90° — d bezeichnet, halbiren. Es ist demnach die Neigung der geraden Linie DCE zu Mittag gegen die Ebene des Aequators gleich $45° - \frac{d}{2}$; mithin, wenn p die Polhöhe des Beobachtungsortes bezeichnet, die Neigung des Spiegels gegen den Horizont $= 45° - p + \frac{d}{2}$. Da die Wiener Polhöhe 48° 12′ beträgt, so ist dieser Winkel für Wien $= \frac{d}{2} - 3°\ 12'$. Kommt nun die Sonne von S nach s und sieht man von der geringen Aenderung ihrer Abweichung während der Zeit, als sie den Stundenwinkel a, Ca beschreibt, ab, so muß, wenn der reflectirende Strahl wieder nach CP hinfahren soll, das Einfallsloth wieder in die Ebene PCs fallen. Dieses wird geschehen, wenn der Spiegel sich auch um den Winkel a, Ca um die Axe Pp gedreht hat. Ist daher nach der Richtung Cp ein Stift am Spiegel angebracht, der mit CE den Winkel $45° - \frac{d}{2}$ macht, und mit einem Uhrwerk in Verbindung, das ihn gleichförmig in 24 St. einmal um 360° herumdreht, so wird der einfallende Strahl sC gegen den Nordpol P hingeworfen, und kann demnach durch einen gehörig gestellten ruhenden Planspiegel in jede beliebige Richtung gebracht werden. Einen solchen Heliostat stellt Fig. 46. vor. A ist eine Uhr von gleicher Einrichtung mit einer gewöhnlichen Federuhr, nur mit dem Unterschiede, daß der Stundenzeiger nicht in 12, sondern in 24 St. einen Umlauf macht. An der Stange B ist mittelst einer Schraube eine runde Metallstange C befestigt, welche mit der Weltaxe parallel läuft und mit einem Planspiegel D verbunden ist; dessen Ebene gegen

obige Stange unter einem Winkel von $45^\circ + \frac{d}{2}$ geneigt ist. Durch einen Quadranten läßt sich dieser Winkel genau ausmitteln. Der Spiegel und die Stange ruhen auf einem Gestelle mit Frictionsrollen, welches dem Spiegel diejenige Bewegung gestattet, die er durch den Gang der Uhr annehmen muß. Einen Heliostat nach Prandi beschreibt und erläutert Baumgartner wie folgt. Um den Bau dieses Instrumentes einzusehen, sei SC (Fig. 47.) ein Lichtstrahl, der den Spiegel Mm trifft und von ihm nach der Richtung CA reflectirt wird. Man verlängere AC nach B, errichte CD senkrecht auf Mm und wähle den Punkt B so, daß BC = BD ist. Zieht man BE auf CD senkrecht, so wird dadurch der Winkel CBD halbirt. Dasselbe muß daher auch mit dem Winkel SCB durch Mm geschehen, weil Mm auf CD senkrecht steht. Es wird daher der Strahl SC stets nach CA reflectirt werden, wenn nur die Bedingungen erfüllt sind, daß CD auf Mm senkrecht steht, und BC = BD ist. Dreht sich überdieß das Ganze gehörig um die mit der Weltaxe parallele BP, so wird die tägliche Bewegung der Sonne auf die Richtung von CA gar keinen Einfluß nehmen. Auf diesem beruht nun der in Fig. 48. abgebildete Heliostat. ABC ist eine dreieckige Basis, die sich mittelst Stellschrauben horizontal stellen läßt; von C nach D geht eine gerade Linie, die beim Gebrauche des Instrumentes in den Meridian des Beobachtungsortes fallen muß, so daß C gegen Süd gerichtet ist. Nahe an C erhebt sich die verticale Säule D, deren Axe genau in DC fällt und sich in einen runden Kopf T endet, der den Bogen EF trägt, auf welchem der Radius G welcher mit H unveränderlich verbunden ist und mit ihm in einer geraden Linie liegt, die Anzahl Grade und mittelst eines Nonius auch die Minuten abschneidet, welche die Polardistanz des einfallenden Sonnenstrahls bezeichnen. R ist ein mit der Weltaxe paralleler und mit der Uhr verbundener Stift, welcher seine gehörige Stellung mittelst des Gradbogens S erhält. An H ist eine eigne Klammer ab befestigt, die genau durch den Mittelpunkt des Kopfes der Säule D geht und den auf der Ebene des Spiegels K senkrechten Stift L aufnimmt. Der Spiegel ist überdieß mittelst einer Gabel an MN, PQ befestiget, doch läßt sich der Stift dieser Gabel um seine eigene Axe leicht drehen. Nun ist es klar, daß wenn L auf der Ebene des Spiegels senkrecht gestellt und TU = TK ist, dieses beim Drehen des Apparates um die Axe R stets so bleiben und deshalb der reflectirte Strahl ununterbrochen dieselbe Richtung beibehalten wird. Prandi gibt auch eine Vorrichtung an, wodurch es leicht wird, diese Richtung des reflectirten Strahles nach Belieben abzuändern, ohne den ganzen Apparat zerlegen zu müssen. Das Wesentliche dieser Einrichtung besteht darin, daß sich der Stift L auf einer Kugelfläche bewegen läßt, wodurch weder die senkrechte Lage von L auf dem Spiegel noch die Gleichheit der Abstände TK und TU geändert wird. Da aber diese Bewegung nur im verticalen und horizontalen Sinne zu erfolgen braucht; so reicht man mit folgender Einrichtung aus: Q und N sind zwei verticale Stützen, die mit dem horizontalen Bogen O verbunden sind, welcher sich in einem an der Basis ange-

brachten kreisförmigen Ausschnitte verschieben läßt und PQ und MN sind zwei verticale Kreisbögen, in welchen sich die viereckige Rahme verschieben läßt, welche den Gabelstift des Spiegels trägt.

Heliotrop, (v. d. griech. ἥλιος Sonne und τρέπω wenden) ein Instrument, welches dazu dient, namentlich bei geodaetischen Operationen, (bei trigonometrischen Messungen, Gradmessungen), das Sonnenbild als Signalpunkt auf den entfernten Beobachter zu werfen. Man hat nämlich gefunden, daß alle Signalpunkte, deren man sich bei größeren Messungen bedienen kann, entweder sehr unbestimmt oder unbequem sind. Am vortheilhaftesten hatte man noch die Blickfeuer gefunden, welche bei geringem Umfange doch noch glänzend genug sind, um in bedeutenden Entfernungen noch wahrgenommen werden zu können. Da aber die Blickfeuer kostbar sind und ihre Wahrnehmung leicht durch Zufall vereitelt werden kann, so hat Gauß bei Gelegenheit der Gradmessung im Königreiche Hannover ein Instrument angegeben, bei welchem die Blickfeuer durch von Spiegeln reflectirte Sonnenstrahlen ersetzt werden. Wenn zwei Spiegelebenen wie (Fig. 49.) ef und cd senkrecht auf einander befestigt sind, so daß fhc und fhd rechte Winkel sind, so stelle man das Fernrohr ab so auf, daß man den Punkt i, welchem man den Sonnenstrahl zuwerfen will, in der Mitte des Fernrohrs sieht, und drehe beide Spiegel so, daß der Sonnenstrahl aus dem Spiegel fc ins Fernrohr geworfen werde, oder mit der Richtung ha zusammen falle; dann wirft der andere Spiegel cd den Sonnenstrahl nach i. Denn wenn Sh den directen Sonnenstrahl vorstellt, und ha den reflectirten Strahl, so sind die Winkel am Einfallslothe gleich, Shc = ahc, aber da ahc und dhi als Scheitelwinkel gleich sind, so ist Shc = dhi und der von ch reflectirte Strahl gelangt nach i. Das Instrument hat nun folgende Einrichtung. abfc (Fig. 50.) ist ein sehr massiver Träger, worin das Fernrohr liegt, und dieses wird durch die Deckel bei c und f mit beträchtlicher Reibung in den Lagern gehalten. Dieser Träger ruht auf einem mit Stellschrauben versehenen Dreifuße. Das Fernrohr kann durch horizontale Drehung um die in der Säule ST befindliche Axe leicht auf den Gegenstand gerichtet werden, welchem der Sonnenstrahl zugeworfen werden soll, und er läßt sich dann, vermittelst der Stellschrauben des Dreifußes, ganz genau auf denselben richten. Bei xy und uv sind zwei Handgriffe, der erstere um das Fernrohr mit dem daran befestigten die Spiegel tragenden Rahmen in seinem Lager zu drehen, der letztere um beiden Spiegeln eine Drehung mitzutheilen. y und v sind Gegengewichte dieser Handgriffe x und u.

Am Objectiv-Ende des Fernrohres ist ein aus drei rechtwinklich an einander gefügten Stücken bestehender Rahmen hikl befestigt, und dieser trägt einen zweiten, um die Axe hl drehbaren Rahmen mnpq. Da der erstere sich um die beinahe horizontale Axe des Fernrohres drehen kann, der zweite aber sich um eine auf die vorige senkrechte Axe dreht, so erhellet, daß die Ebene des letztern in jede willkührliche Stellung gebracht werden kann. Dieser letztere Rahmen enthält die beiden, nur eine einzige Spiegelebene ausmachenden Spiegel mnsr und twqp,

die hinten mit Platten verwahrt sind, und Stellschrauben haben, um das genaue Zusammenfallen der Ebenen beider zu bewirken. Mit ihnen ist fest und in rechtwinkliger Stellung verbunden, der schwarze Spiegel a′b′c′d′, der an seiner hinteren Seite einen Arm oder Schwanz hat, um durch Stellschrauben in die ganz genaue gegen den vorigen Spiegel rechtwinklige Stellung gebracht zu werden. Dieser letztere Spiegel wirft dem Auge des Beobachters das Sonnenbild zu. Bei dem Gebrauche des Instruments stellt man es so, daß die Mitte des Fadenkreuzes auf den Punkt trifft, den der entfernte Beobachter einnimmt. Dann dreht man das Fernrohr um seine Axe und die verbundenen Spiegel um die Axe h l, und muß diese Drehungen so einrichten, daß man das Sonnenbild ins Fernrohr und auf die Mitte des Fadenkreuzes bringt. Sobald dieses der Fall ist, sieht der entfernte Beobachter das Sonnenbild in dem aus zwei Stücken bestehenden großen Spiegel. Dieser größere Spiegel braucht indeß selbst nur von geringer Größe zu sein, da ein Spiegel 2 Zoll breit und $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch schon ein auf sehr große Entfernungen sichtbares Sonnenbild gibt.

Gauß führt mehre Beispiele über die Anwendung des Heliotrops an. Die Entfernung vom Lichtenberge bis zum Berge Hill ist 39952 Meter; die des Deisters vom Hill 40605 Meter; die des Lichtenberges vom Brocken 42437 Meter; vom Hill zum Brocken 55122 Meter. Auf den drei ersten Entfernungen sah man das Licht immerfort mit bloßen Augen; auf der letzten Distanz war es, wenn die Umstände die Beobachtung irgend begünstigten, gleichfalls sichtbar und einmal, unter besonders günstigen Umständen sah man das vom Brocken aus reflectirte Licht sogar auf den Hohenhagen in 69194 Meter = 213010 Par.F. Entfernung mit bloßen Augen. Im Fernrohre konnte man das Licht vom Inselsberge auf dem Brocken in 105986 Meter Entfernung noch sehen. Gauß hat eine weitläuftigere Anleitung über die genauere Berichtigung des Heleotropen gegeben. (S. Schumachers astron. Nachrichten V.)

Himmel, Himmelskugel, Himmelsgewölbe, Firmament (lat., — die Feste) **Sphäre** (griech., Kugel), heißt das dem Auge des Menschen erscheinende, die Erde überspannende blaue Gewölbe, an welchem sich wie es scheint, die Gestirne sämmtlich angeheftet befinden, was endlich nach allen Seiten zu in die Erdscheibe (im Horizont) einzuschneiden oder auf ihr fest zu stehen scheint. Wir wissen jetzt, daß die Erde eine von einem Dunstkreise (Atmosphäre) umgebene Kugel ist, welche sich frei wie andere Weltkörper durch den unermeßlichen Weltraum bewegt, daß also das Himmelsgewölbe, die Halbkugel, über uns nur ein Schein ohne Wirklichkeit sei.

Die Gestalt des Himmels erscheint indeß dem Menschen nicht als die einer vollkommenen Halbkugel, sondern der Umstand, daß wir unbewußt die Entfernungen nach den zwischen uns und dem Ziele des Sehens gelegenen Gegenständen abschätzen, bewirkt, daß wir die Entfernung der Linie, in welcher das Himmelsgewölbe auf der Erde zu ruhen scheint, also des Horizontes bei weitem für größer halten, als die des Punktes

senkrecht über unserm Haupte. Smith hat genauere Betrachtungen über die Gesichtstäuschungen angestellt, denen der Mensch beim Anblick des Himmels ausgesetzt ist, und hat darnach die Krümmung der scheinbaren Himmelskugel näher zu bestimmen gesucht. Er suchte zuerst durch Schätzung mit dem Augenmaße einen Punkt am Himmel, welcher gleich weit vom Scheitelpunkte und vom Horizonte entfernt sein, also 45° über dem Horizonte liegen sollte; eine genauere Untersuchung zeigte darauf, daß dieser Punkt nur 23° über dem Horizonte lag. Smith fand ferner, daß wenn die Sonne 30° über dem Horizonte sich befände, so scheine sie schon dem Scheitelpunkte näher als dem Horizonte zu stehen, obschon gerade das Umgekehrte stattfinden sollte; ein Stern welcher 45° über dem Horizonte sei, also zwischen Scheitel und Horizont grade mitten inne stehe, scheine dem Scheitel dreimal so nahe als dem Horizonte zu stehen. Hieraus ist klar, daß man sich stets sehr irren wird, wenn man die Größe eines Winkels nach dem scheinbaren Bogen am Himmel zwischen seinen Schenkeln messen will. In folgender Tabelle gibt Smith das Verhältniß der scheinbaren Bogen oder Entfernungen vom Horizonte bis zum Zenith an.

Höhen	scheinbare Entfernungen
0°	100
15 —	68
30 —	50
45 —	40
60 —	34
75 —	31
90 —	30

Hiermit hängt dann auch zusammen, daß uns alle Gegenstände und Entfernungen in der Nähe des Horizontes größer als in der Nähe des Scheitels erscheinen müssen, z. B. Mond und Sonne beim Aufgehen und Niedergehen. Die Breite des Regenbogens scheint in der Nähe des Horizontes größer als gegen den Scheitel zu.

Je nach den verschiedenen Orten die ein Beobachter auf der Erde einnimmt, erscheinen ihm die Kreise, welche die Sterne bei der Umdrehung des Himmels (eigentlich der Erde) beschreiben, in verschiedener Lage gegen den Kreis des Horizontes, so wie auch die Tagbogen der Sterne, oder diejenigen Bogen, welche die Sterne über dem Horizonte beschreiben, verschieden sind. Die scheinbare Drehung des Himmels geschieht bekanntlich um die Pole, und in der beide Pole mit einander verbindenden geraden Linie liegen sämmtliche Mittelpunkte der Kreise, welche die Fixsterne zu beschreiben scheinen. Je nachdem die Pole mehr oder weniger hoch über und tief unter dem Horizonte liegen, erhält nun die Himmelskugel in Bezug auf den Beobachter verschiedene Namen. Befindet sich der Beobachter unter dem Pole, so beschreiben alle Sterne mit dem Horizonte Parallelkreise, welches die parallele Himmelskugel gibt. Für den Beobachter unter dem Aequator sind dagegen die Tagbogen bei allen Sternen Halbkreise, stehen senkrecht auf dem Horizonte und die Himmelskugel heißt senkrecht. Befindet man

sich endlich in nördlichen oder südlichen Breiten (zwischen dem Aequator und einem Pole), so sind die Tagbogen bei einigen Sternen größer, bei andern kleiner, andere gehen gar nicht unter den Horizont, andere kommen gar nicht über denselben, auch machen sie gegen den Horizont schiefe Winkel, und man hat so die schiefe Himmelskugel. Befindet sich z. B. der Beobachter auf der nördlichen Halbkugel der Erde, so beschreiben die Sterne zunächst um den Nordpol ganze Kreise; weiter nach dem Aequator beschreiben sie doch noch Tagbogen von mehr als 180°, die Tagbogen der Sterne im Aequator sind grade 180°, die Tagbogen der südlichen Himmelshalbkugel aber sind gegen den Nordpol zu immer kleiner von 180° an abnehmend und die zunächst an den Südpol gelegenen Sterne endlich gehen niemals auf.

Ueber die Farbe des Himmels s. Farbe.

Himmelskugel, künstliche, Globus, (lat., Kugel). Denken wir uns den Beobachter des Himmels rings von einer Kugel umgeben, und nehmen wir an, daß derselbe ungehindert nach jedem Sterne des Weltalls hinschauen könnte, so ist klar, daß die vom Auge des Beobachters nach den verschiedenen Sternen reichenden geraden Linien die Oberfläche jener Kugel sämmtlich durchschneiden und diejenigen Punkte angeben werden, an welchen die Sterne dem Beobachter als an der Oberfläche der Kugel befestigt erscheinen müssen. Eine Kugel nun, auf welcher so alle Sterne, die wir kennen verzeichnet sind, und auf der überdieß diejenigen eingebildeten Linien angebracht sind, nach denen wir die Lage der Gestirne zu bestimmen pflegen, heißt eine künstliche Himmelskugel. Wie das scheinbare Himmelsgewölbe auf der innern Fläche einer (abgeplatteten) Kugel die Sterne unsern Blicken erscheinen läßt, so stellt die künstliche Himmelskugel die Sterne auf der oberen Fläche einer Kugel dar.

Fig. 51. stellt eine künstliche Himmelskugel in ihrem Gestelle vor. AQ ist ein größter Kreis der Kugel und bezeichnet den Aequator des Himmels. Senkrecht über dem Mittelpunkte dieses Kreises befinden sich die beiden Pole P und S, durch welche größte Kreise, die Meridiane, welche sämmtlich senkrecht auf dem Aequator stehen, gelegt sind. Parallel mit dem Aequator sind rund um die Kugel kleinere Kreise, die Tagekreise der Sterne gelegt. Gewöhnlich sind die Meridiane und Tagekreise so geordnet, daß von den Meridianen auf jeden 10ten Grad des Aequators einer fällt, und eben so von den Tagekreisen einer auf jeden 10ten Grad jedes Meridians. Hierdurch erhält man ein Netz auf der Kugel, in welches die Sterne nach ihrer gegenseitigen Lage eingetragen sind. Der Aequator ist in seine angegebenen Grade getheilt und von diesen sind auf den einen Meridian $23\frac{1}{2}°$ vom Pole an aufgetragen, wodurch der eine Pol der Ekliptik gegeben ist, dem gerade gegenüber der andere Pol der Ekliptik steht. Der größte Kreis EF schneidet den Aequator unter einem Winkel von $23°\frac{1}{2}$ und ist die Ekliptik. Durch die Pole der Ekliptik werden dem Aequator parallele Kreise gelegt: die Polarkreise (MN), und eben so gehen in einer Entfernung von $23\frac{1}{2}°$ von dem Aequator mit diesem parallele

Kreise; die Wendekreise (Ee und Ff). Was das Gestell des Globus betrifft, so sind seine Haupttheile folgende. PASQ ist ein metallener Ring, dessen innerer Umfang so groß (oder vielmehr etwas größer) als der größte Kreis der Kugel ist, und der in Grade getheilt ist; derselbe heißt der Meridian. Bei P und S hat die Kugel vorstehende Zapfen und der Meridian passende Lager für diese Zapfen, so daß die Kugel um dieselben innerhalb des Meridians um die Axe PS gedreht werden kann. Auf der Eintheilung des Meridians steht bei A und Q 0, bei P und S dagegen 90°. HRZ ist ein horizontaler Ring, welcher auf 4 Säulen ruht und bei H und Z diametral gegenüberstehende Einschnitte hat, um den Meridian aufzunehmen. Seine innere Weite ist der des Meridians gleich. Dieser Ring heißt der Horizont. Man sieht leicht ein, daß je nachdem man den Pol mehr oder weniger hoch über diesen Horizont stellt, man der künstlichen Himmelskugel diejenige Stellung geben kann, welche für jeden Ort des Beobachters auf der Erde die Himmelskugel, die er sieht, einnimmt, und daß man folglich durch Beobachtung und Umwendung der künstlichen Himmelskugel um die Axe PS den Lauf der Gestirne sich vergegenwärtigen kann. Man sieht, welche Sterne bei dieser Erhebung des Nordpols über den Horizont, zu den immer über dem Horizont befindlichen gehören, welche Sterne große, welche kleine Tagbogen beschreiben, wie groß diese Tagbogen sind, und welche Sterne niemals gesehen worden. (Vergl. den vor. Art.) Ist P der Nordpol des Himmels, so ist bei Z der Nordpunkt des Horizontes, bei H dessen Südpunkt, man kann nun auch den Ort des Aufgangs und des Niedergangs für jeden Stern an jedem Beobachtungsorte bestimmen, wenn man die Polhöhe für diesen Ort kennt. Um auch die Zeit bestimmen zu können, während welcher ein Stern über dem Horizonte verweilt, und zu welcher Stunde ein Stern eine gewisse Stellung einnimmt, ist bei mn eine Scheibe angebracht, welche in 24 Stunden getheilt ist. Ein Zeiger ist an dem durch die Scheibe gehenden Drehungszapfen der Scheibe befestigt, und bewegt sich also mit der Kugel um die Axe PS. Nur mit bedeutender Reibung kann die Hand den Zeiger um den Zapfen bewegen, und ihm so eine beliebige Stellung geben. Ein Stern culminirt wenn er sich unter dem Meridian PASQ befindet; will man nun z. B. wissen, welche Stellung ein Stern 1 Stunde (Sternzeit) nach seiner Culmination einnehmen werde, so stellt man ihn erst unter den Meridian, stellt den Zeiger auf 12 Uhr, und dreht nun die ganze Kugel bis der Zeiger auf 1 Uhr zeigt. Ein beweglicher Gradbogen 90° lang, kann an jedem Punkte des metallenen Meridians angeschraubt werden; dieser wird (nach Aufstellung der Kugel nach der Polhöhe) mit seinem Ende im höchsten Punkte der Kugel (dem Zenith des Beobachters) befestigt und an den Stern gelegt in der eben bezeichneten Stellung, wie sie 1 Stunde nach der Culmination ist, so kann man auf dem Gradbogen den Abstand des Sternes vom Zenith absehen, und sein Azimuth angeben, indem man auf dem Horizonte nachsieht, wie weit vom Südpunkte der Horizont vom Gradbogen getroffen wird. Auch den Gang der Gestirne bei paralleler, senkrechter und schiefer Himmelskugel (s. d. vor.

Art.), kann man sich durch gehörige Aufstellung des Pols über dem Horizont versinnlichen.

Mit Hülfe des Globus kann man noch eine Menge astronomischer Fragen mit Leichtigkeit lösen, so wie man sich die Erscheinungen des Himmels verdeutlichen kann. Um zu finden wie lange ein Stern über dem Horizonte verweilt, bringt man ihn unter den Meridian, stellt den Zeiger auf 12 Uhr und bewegt nun den ganzen Globus, bis der Stern unter dem Horizonte verschwindet; der Zeiger gibt die Hälfte der Zeit während welcher der Stern überhaupt über dem Horizonte sich befindet. Immer ist hierbei vorausgesetzt, daß der Pol die Polhöhe des Ortes, für welchen man beobachtet über dem Aequator habe. Um ferner zu erfahren wie viel Zeit zwischen den Culminationen zweier Sterne vergehe, bringe man den einen der Sterne unter den Meridian, stelle den Zeiger auf 12 Uhr, uud bewege nun den Globus bis der andere Stern unter den Meridian kommt, der Zeiger gibt nun die Zahl der Stunden an, welche zwischen der Culmination des ersten Sternes bis zu der des zweiten vergeht. Um Tageslänge, Aufgangs- und Untergangspunkt der Sonne (nach den Himmelsgegenden bestimmt) zu finden, muß man die Länge der Sonne in der Ekliplik an diesem Tage kennen; man beobachtet dann mittelst des Globus wo dieser Punkt der Ekliplik über dem Horizont steht, wie lange er über dem Horizonte verweilt, und wo, d. h. in welcher Himmelsgegend, er unter den Horizont geht. Um für eine gewisse Stunde der Nacht den Globus so zu stellen, daß die Sterne desselben diejenige Stellung einnehmen, welche sie in der Wirklichkeit haben, muß man fürs erste den Globus wie immer auf die Polhöhe des Orts der Beobachtung stellen, dann, weil unsre Uhren nach Sonnenzeit gehen, den Ort der Sonne für diesen Tag in der Ekliptik aufsuchen. Diesen Punkt, an welchem die Sonne an dem Tage sich grade befindet, bringt man unter den Meridian, und stellt den Zeiger auf 12; die so gefundene Stellung der Kugel gibt dann die Stellung der Gestirne am Horizonte um den Mittag des Beobachtungstages an. Man muß nun den Globus so lange nach Westen fortdrehen, bis der Zeiger auf der verlangten Stunde der Nacht steht, dann gibt derselbe genau die Stellung der Gestirne zu dieser Stunde an. Die Himmelskugel dient nur, mit ihrer Hülfe am Himmel selbst sich zu orientiren.

Unter dem Namen Globus begreift man auch die künstliche Erdkugel, welche mit denselben Linien wie der Himmelsglobus versehen ist, aber statt der Sterne die Zeichnung von Erde, Meer, Flüssen, Bergen u. s. w. hat. Nur die Ekliptik ist überflüssig auf der Erdkugel. Nicht allein dienen diese Globen zur Versinnlichung der Verhältnisse zwischen Land und Meer, der Gegenfüßler u. s. w., sondern man kann auch manche interessante Frage leicht und anschaulich mittelst derselben lösen. Brandes führt mehre Beispiele an.

Um den Abstand zweier Orte von einander zu messen und die Richtung, nach welcher hin man von einen zum andern reisen muß, zu bestimmen, stellt man die Kugel auf die Polhöhe des einen Ortes und bringt diesen unter den festen Meridian in den höchsten Punkt der Kugel. Man

befestigt hier den beweglichen Gradbogen, legt in so, daß er an dem andern Orte anliegt, und sieht nun erstlich, wie viele Grade und Theile von Graden zwischen beiden Orten enthalten sind, woraus sich die Entfernung in Meilen leicht ergibt; zweitens bemerkt man den Punkt des Horizonts, wo der so gelegte Gradbogen einschneidet, und wenn dieser z. B. genau Süd=Süd=Ost träfe, so wäre dieses die Richtung, nach welcher man vom ersten Orte zum zweiten reisen muß. — Man will wissen, wie viel Uhr es in Calcutta ist, wenn es in London 3 Uhr ist. Um dieses an der Stundenscheibe abzulesen, bringt man Calcutta unter den Meridian und stellt den Stundenzeiger auf 3 Uhr, man dreht dann die Kugel so fort, daß nach und nach die westlichern Orte unter den Meridian kommen, und zwar so lange, bis London im Meridian ist, dann gibt der Uhrzeiger an, wie viel Uhr in Calcutta mit 3 Uhr in London einerlei ist; denn da der Stundenzeiger um so viele Stunden fortgeht, als dem Längen=Unterschiede gemäß ist, so hat Calcutta nun eine so viel spätere Zeit. — Will man auf der Erdkugel die Antipoden eines Ortes suchen, so muß man den Ort nehmen, welcher während der eine Ort unter dem festen Meridian ist, gleichfalls unter demselben an der andern Seite sich befindet, und zwar so tief unter dem Horizonte, als jener über demselben. Will man die Nebenbewohner des Ortes finden, so stellt man am besten die Kugel so, daß der Aequator mit dem Horizonte zusammen fällt, bringt den ersten Ort unter den festen Meridian, und sucht auf der andern Seite des Meridians den Ort auf, welcher eben so hoch über dem Horizonte steht. Die Gegenwohner endlich findet man, wenn man bei eben der Stellung der Kugel den Punkt sucht, welcher auf einerlei Seite zugleich mit unter dem festen Meridiane steht, und sich eben so tief unter dem Horizonte befindet, als jener Ort über demselben ist.

Hitze bezeichnet Wärme von bedeutender Höhe; s. d. Art. Wärme. Hier nehme ich nur Gelegenheit von den künstlichen Mitteln zu Erzeugung einer bedeutenden Hitze zu sprechen. Im Allgemeinen bedient man sich bekanntlich zur Erzeugung der Wärme des Feuers (s. d. Art. Heitzung, Wärme, Lampe) und es beruht dieselbe also auf der Verbrennung. Das bekannteste Mittel zu Beförderung des Verbrennens und Vermehrung der hierbei erzeugten Hitze sind die Gebläse. Das einfachste Gebläse ist der Mund. Einige Gebläse dienen dazu, den Brennmaterialien zu leichterer und schnellerer Verbrennung die erforderliche Quantität atmosphärischer Luft zuzuführen, und von diesen ist im Art. Verbrennung die Rede. Andere haben nur den Zweck, die Flamme gegen einen bestimmten Punkt hinzurichten und gleichsam zu concentriren (s. d. Art. Löthrohr), und bei noch anderen endlich wird die Flamme durch Zuströmen einer gasförmigen Flüssigkeit verstärkt.

Zu den zuletzt genannten gehört zunächst das Weingeistgebläse. Ein solches, von Oechsle verfertigt, stellt Fig. 52. vor. Es ist eine Löthlampe von Messing; a ist ein Behälter, in welchen Oel oder Weingeist gegossen wird; er hat oben 3 Oeffnungen. Die 2 äussern enthalten bewegliche hohle Zapfen mit baumwollenen Dochten, die dritte dient zum Einfüllen (auch kann der Behälter oben offen sein, man legt dann an

seinen beiden Enden Dochte hinein und gießt ihn mit Talg voll); b ist ein zweiter messingener cylindrischer, oben und unten flach gewölbter Behälter, der mittelst einer Hülse an dem Messingstabe c hängt und durch eine Stellschraube in beliebiger Höhe gestellt werden kann. In einen oben befindlichen hohlen Zapfen paßt genau ein hohler stumpfer Kegel mit der fast Sförmig gebogenen Röhre d, die sich in eine feine, mittelst einer Schraube beweglichen Spitze endet. Beim Gebrauche der Lampe wird der Behälter b mit Weingeist etwa zu $\frac{3}{4}$ angefüllt; beide Dochte zündet man an und richtet die Spitze der Röhre in die vordere Flamme; die durch die hintere Flamme erhitzten Weingeistdämpfe in dem Behälter b bilden beim Durchströmen durch die Flamme des Dochtes eine intensive Löthrohrflamme. Da das Gefäß b durch die unter ihm brennende Oelflamme sehr beschmutzt wird, so kann auch das Gefäß a zwei Abtheilungen haben, von denen die hintere mit Weingeist gefüllt ist.

Eine andere Form des Weingeistgebläses stellt Fig. 53. vor. Hier ist das Gefäß F sowohl mit Weingeist gefüllt, als das kugelförmige Gefäß A. Dieß letztere befindet sich über der Lampe D und die Weingeistdämpfe strömen durch die Röhre BC aus gegen die Flamme. A hat bei a eine verschließbare Oeffnung zum Einfüllen des Weingeistes, und bei b ein Sicherheitsventil.*) Dieser letztere Apparat hat vor dem vorerwähnten den Vorzug des Sicherheitsventils und man erspart eine Lampe, aber es ist bei ihm nicht so gut möglich die Erzeugung der Dämpfe zu regieren. Die Weingeistgebläse können übrigens, was ihre äußere Form betrifft, noch mannigfach abgeändert werden, wie in der Natur der Sache liegt. Im Allgemeinen sind sie aber zur Erzeugung eines hohen Hitzegrades nicht brauchbar, weil die Weingeistdämpfe an sich die Hitze eher schwächen als vermehren. Die Vermehrung des Hitzegrades beruht nur auf dem Strome atmosphärischer Luft, den die Weingeistdämpfe mit sich fortreissen und der Flamme zuführen.

Bei weitem mehr leisten die Sauerstoffgasgebläse. Sogleich die Erfahrung, daß in der atmosphärischen Luft nur glühende Körper (z. B. eine Stahlfeder) im Sauerstoffgase mit heller Flamme verbrannten, mußte auf den Gedanken, dieß Gas zu Gebläsen anzuwenden, leiten. Achard füllte zuerst eine Blase mit einem Blaserohre mit Sauerstoffgas und blies damit gegen Kohlen. Er schmolz auf diese Weise Platin, verbrannte Eisen und verglaste sogar Schmelztiegel. Die merkwürdigste Anwendung des Sauerstoffgasgebläses machte Marcet. Er bediente sich einer gewöhnlichen Weingeistlampe, welche durch einen Strom Sauerstoffgas mittelst eines gewöhnlichen Gasometers**) angeblasen wurde. Stromeyer verbrannte mit einem derartigen Gebläse einen Platindraht von 0,5 Millim. Durchmesser, schmolz einen anderen von 1,75 Millim., brachte ein Stück sibirischen Meteoreisens in Fluß und verwandelte Quarz in eine durchsichtige Glasperle, u. s. w.

Noch erstaunlichere Wirkungen sind durch die Knallgasge-

*) S. d. Art. Dampfmaschine S. 524.
**) S. d. Art. Luftmesser.

bläse hervorgebracht worden. Das Knallgas ist bekanntlich ein sehr leicht brennbares und sehr heftig explodirendes Gemisch von 2 Theilen Wasserstoffgas und 1 Theil Sauerstoffgas. Beim Verbrennen entbindet dieses Gemisch eine unglaubliche Hitze.

Bei dem Hare'schen Gebläse wird jede der beiden Gasarten besonders aufbewahrt und erst unmittelbar vor dem Ausströmen aus dem gemeinschaftlichen Blaserohre werden sie vereinigt, oder dieselben blasen einzeln auf einen glühenden Körper. Die letzte Art des Gebläses scheint jedoch keine bedeutende Wärmeerhöhung gegeben zu haben. Ein Gebläse der ersten Art beschreibt Muncke, wie folgt.

„Weil alle Gebläse an Wirksamkeit bedeutend zunehmen, wenn man die Flamme vergrößert, und in dieser Hinsicht mir das Knallgasgebläse noch in seiner Kindheit zu sein scheint, eine Folge davon, daß man die Compression des Knallgases als nothwendige Bedingung zur Erzeugung einer starken Hitze ansieht, so lasse ich jetzt zwei Baader'sche Cylindergebläse mit einander verbinden, wovon das für die Aufnahme des Wasserstoffgases bestimmte 18 Z. Höhe und 12 Z. Durchmesser hat, das zur Aufnahme des Sauerstoffgases dienende aber bei gleicher Höhe nur 10 Z. Durchmesser, und wobei die Vereinigung beider Gase erst unmittelbar vor dem Blaserohre geschieht. Die Compression der Gase wird hierbei zwar nur 4 Z. Wasserhöhe betragen, allein ich glaube überzeugt zu sein, daß dieses genügend ist. Zur bequemen Füllung hat der Sauerstoffgascylinder oben eine durch einen Guericke'schen Hahn verschließbare Röhre, in welche eine andere, mit einer Thierblase verbundene paßt, um letztere mit Sauerstoffgas zu füllen und dieses nach Oeffnung des Hahns durch Emporhebung des inneren Cylinders in denselben zu bringen; das für Wasserstoffgas bestimmte Gefäß dagegen erhält eine ähnliche Röhre, in welche aber ein Entbindungsrohr geschroben wird, um das Gas aus der Entbindungsflasche unmittelbar hineintreten zu lassen, und bei dem stärkern Verbrauche desselben, während der Versuche zu erneuern. Hierdurch wird zugleich einer möglichen Verwechslung der Gase beim Einfüllen, und der Erzeugung von Knallgas vorgebeugt. Durch aufgelegte Gewichte läßt sich der hydrostatische Druck des Wassers und somit die Compression der Gase leicht reguliren, und ist stets gleichmäßig, die Gasometer mögen mehr oder weniger mit Gas gefüllt sein, indem der unbedeutende aus dem tieferen Einsinken des innern Cylinders in das Sperrwasser entstehende Unterschied bei der Dünne des Bleches, woraus derselbe verfertigt ist, füglich vernachlässigt werden kann. Die Größe der Cylinder wird es gestatten, die Weite des Blaserohres von 0,1 bis 1 Lin. zu vermehren. Zur vollständigen Uebersicht der Construction genügt die verticale Durchschnittszeichnung. Bei der für das Wasserstoffgas bestimmten Abtheilung ist ABCD (Fig. 54.) der äußere, bis oben mit Wasser gefüllte Cylinder oder die Cisterne von Messingblech hart gelöthet, welcher auf dem hölzernen, mit vier 6 Z. hohen Füssen versehenen Brete DE ruhet; FGHI ist das unten offene und mit einem Bleistreifen a'a' versehene Gasometer, dessen oberer Boden PP so weit vertieft ist, als es in das Sperrwasser zur Erhaltung der erforderlichen Druckhöhe herabsinken soll. QR

ist das zum Ausströmen des Gases dienende Rohr, welches auf dem Boden festsitzend, dort rechtwinklich gebogen aus dem Cylinder heraustritt, oder bei harter Löthung mündet es besser in der Mitte des Bodens, und das unter letzterem hinlaufende Luftrohr wird in dasselbe geschroben oder gesteckt. Um alles Gas zu verbrauchen, ohne daß die Druckhöhe bedeutend abnimmt reicht das Luftrohr QR so hoch hinauf, als der obere Rand der Cisterne, und zur Aufnahme seines obersten Endes beim tiefsten Herabsinken des Gasometers dient das hohle Rohr M mit dem Guericke'schen Hahn L und einer Mutterschraube O zur Aufnahme des Entbindungsrohrs. Endlich ist an der hintern Seite über dem Boden ein Hahn zum Abzapfen des Wassers angebracht, wenn man dieses erneuern will. Ist der Bleistreifen unten am Rande des Gasometers nicht bedeutend schwer, und sinkt diesemnach letzteres nicht hinlänglich tief ein, so würde es beim obersten Stande umschlagen, kann hiergegen aber leicht durch einige Streben an der Seitenwand der Cisterne oder auf sonstige Weise gesichert werden. Auf gleiche Weise construirt ist das für das Sauerstoffgas bestimmte Gasometer, nur etwas geringer von Durchmesser, und die gleichen kleinen Buchstaben haben die nämliche Bedeutung, als bei dem eben beschriebenen die großen; blos die obere Oeffnung der Röhre o hat keine Schraube, sondern ist zur Aufnahme des Rohres der mit Sauerstoffgas gefüllten Thierblase konisch ausgeschmirgelt. Die Füllung des Apparats versteht sich eigentlich von selbst. Sind nämlich die Hähne, womit jedes nach außen hervorstehende Ende der Gasröhren QR und qr versehen ist, verschlossen, und die Cisternen bis RR und rr mit Wasser gefüllt, so werden die Gasometer nach geöffneten Hähnen L und l hineingesenkt, bei deren Niedersinken die atmosphärische Luft von selbst aus O und o entweicht. Sind sie bis auf den Boden der Cisternen herabgesunken, so muß das Wasser bis zum Rande AC, ac gestiegen sein, oder es wird die hierzu erforderliche Menge nachgegossen. Dann wird das Entbindungsrohr des Wasserstoffgases auf O geschraubt, und das Gasometer steigt von selbst, so wie es sich mit dem Gase füllt, in o dagegen wird das Rohr der mit Sauerstoffgas gefüllten Thierblase hineingesteckt, und das Gasometer etwas in die Höhe gehoben, so daß die Blase sich in dasselbe entleert. Zum Ueberfluß will ich endlich noch bemerken, daß blos die beiden Gasröhren außerhalb der Gasometer vor ihrer Vereinigung, jedes mit einem Hahne versehen sein müssen, das eigentliche Blasrohr darf aber keinen solchen haben, denn wenn sonst die ersteren geöffnet sind und der letztere verschlossen wird, so werden beide Gasarten in beiden Gefäßen gemengt, und es bildet sich Knallgas."

Das Newman'sche Gebläse ist zuerst von Clarke zu einer langen Reihe höchst merkwürdiger und überraschender Versuche benutzt worden. Hier wird comprimirtes Knallgas als Flamme benutzt und die Flamme nur durch allerlei Mittel vor einem Zurückbrennen in den Gasbehälter, dieser also vor Zerschmetterung durch eine Explosion geschützt. Das erste Gebläse, dessen sich Clarke bediente, bestand (Fig. 55.) aus einem ganz verschlossenen kupfernen Gefäße C, 4 Z. lang, 3 Z. breit und 3 Z. hoch, auf welchem sich die Compressions-

pumpe*) D befindet, deren Stange in einer Lederbüchse luftdicht bewegt wird. An der Seite ist eine Oeffnung, durch welche die Luft in die Pumpe strömt, in welche aber auch ein Hahnstück geschroben werden kann, mit einer Blase oder sonstigen Vorrichtung, um Sauerstoffgas oder irgend eine andere Gasart, also auch Knallgas, in die Pumpe zu bringen. In das Blasrohr AB endlich, durch welches die Luft nach Oeffnung des Hahnes ausströmt, wird eine etliche Zolle lange und nur $\frac{1}{80}$ Z. weite Glasröhre gesteckt, an deren Ende man das ausströmende Gas entzündet und die zu schmelzenden Körper in die Flamme hält. Dieses anfangs 4 Zoll lange Glasröhrchen wurde beim Gebrauche des Gebläses durch Clarke bis auf $1\frac{3}{8}$ Z. verkürzt, und hierauf mit einem anderen Röhrchen von $\frac{1}{60}$ Z. Weite vertauscht. Als dieses gebraucht werden sollte, entzündete sich das Gas im Innern des Kastens und der ganze Apparat wurde durch eine furchtbare Explosion zerschmettert. Man hat nachher auf verschiedene Mittel gesonnen, entweder die Explosionen ganz zu verhüten oder doch unschädlich zu machen. In dieser letzten Beziehung hat man das Blaserohr und die Pumpe durch einen Schirm geleitet, welches den Beobachter von dem mit Knallgas erfüllten Kasten trennt. Fig. 56. stellt das verbesserte Newman'sche Gebläse vor.

In der Zeichnung (Fig. 56.) ist 1 die mit Gas gefüllte Blase, 2 die Compressionspumpe, deren Kolbenstange durch den Sicherungsschirm geht und dort mit der Hand bewegt wird; 3 und 4 sind Röhren, welche das Gas in das kupferne Gefäß und in die Compressionspumpe leiten. In dem eigentlichen Behälter des comprimirten Gases 5 steht der Sicherheitscylinder, welcher halb mit Oel gefüllt ist, und aus diesem geht das mit einem Hahn 6 versehene, vorn in eine nach unten herabgebogene Spitze auslaufende Blasrohr durch die Schutzwand. Zu den Blasröhren nimmt Clarke bronzirte kupferne, welche er den gläsernen vorzieht. Soll der Apparat zum Versuche eingerichtet werden, so wird der Hahn 6 verschlossen, Gas durch 5 bis 6 Kolbenstöße in das Gefäß gepreßt. Dann verschließt man die übrigen Hähne und öffnet den bei 6, damit etwas Gas ausströme, und man sich durch das Gehör überzeuge, ob das Oel sich im Sicherheitscylinder befinde, weil im entgegengesetzten Falle das Entzünden des Gasstromes mit Gefahr verbunden ist. Man hört nämlich das Gas mit einem Geräusche, wie beim Sieden des Wassers durch das Oel aufsteigen. Ist auf diese Weise der Apparat in Ordnung, so verschließt man den Hahn bei 6, öffnet die übrigen, und comprimirt das Gas bis zur gehörigen Dichtigkeit. Beim Experimentiren muß dann ein Gehülfe die Compression des Gases fortsetzen, damit es stets die gleiche Dichtigkeit behalte. Zu diesem Ende muß die vorher mit dem Gas gefüllte Blase 1 sehr groß sein, oder man nimmt statt derselben einen großen Ballon von gefirnißtem Taffent. Endlich muß das Rohr öfters gereinigt werden, weil sich leicht etwas mechanisch fortgerissenes Oel hineinsetzt.

---

*) Vergl. d. Art. Compressionsmaschine.

Noch größere Sicherheit scheint diejenige Vorrichtung zu gewähren, welche Döbereiner angibt. Sie besteht, wie Fig. 57. zeigt 1) aus dem Gasbehälter von starkem Messingblech a, welcher 24 Cub. Z. Capacität hat; 2) aus einer Druckpumpe d, welche durch eine 2 F. lange, mit einem Hahne versehene Röhre von Messing cc mit a in Verbindung steht; 3) aus einem kleinen, durch einen Hahn mit a verbundenen eisernen Gefäße b, welches etwas über die Hälfte seines Höhenraumes mit Quecksilber und Eisenfeile gefüllt und mit a so in Verbindung gesetzt ist, daß das beim Oeffnen des Hahnes aus a in b strömende Gas sich durch das Quecksilber und die Eisenfeile drängen muß, ehe es in die Ausströmungsröhre g gelangt. Letzte, so wie auch die Röhre cc ist durch ein Bret geführt, hinter welchem der Experimentator ganz sicher das Comprimiren und die Feuerversuche vornehmen kann, ohne eine Beschädigung bei einer sich zufällig ereignenden, aber nicht wohl möglichen Explosion befürchten zu dürfen. Der ganze Apparat ist so eingerichtet, daß er schnell auseinander genommen und in ein kleines Kästchen gepackt werden kann. Vergl. d. Art. Wasserstoffgas.

Hier möge nur noch bemerkt werden, daß nach Muncke das Hare'sche Gebläse dem Newman'schen hinsichtlich der bewirkten Hitze nur wenig oder gar nicht nachstehe, daß jenes dagegen den großen Vorzug vor diesem hat, gänzlich gefahrlos zu sein, welches bei diesem niemals der Fall ist.

Höhe eines Gestirnes heißt der Theil eines Kreises, welcher durch das Gestirn senkrecht auf den Horizont (durch das Zenith des Beobachters) gezogen wird, zwischen dem Sterne und dem Horizonte, oder was dasselbe, der Winkel, dessen Scheitelpunkt im Auge des Beobachters liegt und dessen einer Schenkel horizontal geht, während der andere vom Auge des Beobachters nach dem Gestirne sich erstreckt. Die Höhe eines Gestirnes wird vom Abstande desselben vom Scheitel zu 90° ergänzt. Correspondirende Höhen sind die gleich großen Höhen vor der Culmination und nach der Culmination.

Höhe eines Punktes über einer Ebene heißt die Länge des von diesem Punkte nach der Ebene gefällten Perpendikels. Höhe eines Punktes über einer Kugelfläche heißt der Theil der geraden, von dem Punkte nach dem Mittelpunkte der Kugel gehenden Linie, welcher außerhalb der Kugel fällt. Denken wir uns die Erde als eine Kugel (oder ein Sphäroid), welches ganz vollkommen (ohne alle Erhöhungen) sein würde, wenn die Oberfläche der Erde ein flüssiger Körper, also Wasser — Meer wäre, so erscheinen alle Erhöhungen auf der Erdoberfläche als Erhebungen über die Meeresoberfläche, und wenn daher schlechthin angegeben wird, ein Berg u. s. w. sei z. B. 5000 F. hoch, so meint man damit, wenn wir uns die Fläche des Meeres fortgesetzt denken, so würde die gerade von der Spitze des Berges nach dem Mittelpunkte der Erde gehende Linie in einer Entfernung von 5000 F. unterhalb der Spitze des Berges von jener Fläche durchschnitten werden. Eine

derartige Angabe heißt deswegen auch Höhe oder Erhebung über die Meeresoberfläche oder über das Niveau des Meeres. Wird gesagt, ein Ort der Erde liege z. B. 1000 F. höher als der andere, oder 1000 F. über dem andern, so heißt dieses die Differenz der Höhen beider Orte über der Meeresfläche sei = 1000 F., oder was dasselbe, denken wir uns mit der Entfernung des niedrigern Ortes von dem Mittelpunkte der Erde als Radius eine Kugel beschrieben, so schneidet die Oberfläche dieser Kugel, die von dem höher gelegenen Orte nach dem Mittelpunkte der Erde reichenden geraden Linie in einer Entfernung = 1000 F. von diesem Orte. Die Mittel, deren man sich zu Messung der Höhen der Orte der Erde bedient sind: barometrische Höhenmessungen, thermometrische Höhenmessungen, das Nivelliren und trigometrische Messungen, über die in einzelnen Artikel gehandelt wird.

Höhenmessung, barometrische. Wenn die Erde ein rings um bis zu irgend einer gewissen Höhe von der Atmosphäre umgebener Körper ist, so daß die Atmosphäre eine hohle Kugel und die Erde der in ihr ruhende Kern ist, so muß, je weiter wir uns von der Erde erheben, desto näher über uns die Grenze der Atmosphäre liegen. Die Atmosphäre hat ein Gewicht, vermöge dessen sie eine Quecksilbersäule auf der Oberfläche der Erde ungefähr 28 Zoll hoch in einer Glasröhre erhalten kann, worauf die Bildung des Barometers (s. d. Art. Atmosphäre und Barometer) beruht. Je weiter wir uns nun von der Erde entfernen, je näher wir der Grenze der Atmosphäre kommen, desto geringer muß das Gewicht, mit dem die Atmosphäre noch über uns lastet, desto kürzer muß die Säule des Quecksilbers im Barometer werden. Auf diesem Satze: daß der Barometer sinkt, je höher wir uns in der Atmosphäre erheben; ist es, auf welchem die barometrischen Höhenmessungen beruhen. Wissen wir nämlich den Stand des Barometers unmittelbar über der Meeresfläche, (oder sonst einem Punkte der Erdoberfläche; indeß nimmt man, um bei allen Messungen von einem bestimmten Punkte auszugehen, durchgehend die Meeresoberfläche als Anfangspunkt der Messung an, weil das Wasser die Eigenschaft hat, sich überall in gleiches Niveau zu setzen) und eben so den Stand des Barometers an einem höher gelegenen Orte der Erde, so können wir daraus die senkrechte Höhe des zweiten Ortes über der Meeresfläche berechnen; oder was dasselbe, denken wir uns nach jedem der beiden Orte eine gerade Linie vom Mittelpunkte der Erde (diese als Kugel angenommen), so können wir berechnen, um wie viel weiter der letztere Punkt von dem Mittelpunkte der Erde entfernt sei, als der Punkt an der Meeresoberfläche. Die Art und Weise, wie diese Berechnung anzustellen sei, wird noch etwas näher anzugeben sein.

Die Berechnung der Höhen aus dem Barometerstande wäre sehr leicht, wenn bei der jedesmaligen Erhebung um eine gewisse Anzahl Fusse, das Barometer um eine gewisse Anzahl Zolle oder Linien sänke, so also etwa, daß bei jeden 1000 F. um die man sich in der Atmosphäre erhübe, das Barometer um 1 Zoll niedriger stände, und dieß

würde sicher der Fall sein, wenn die Atmosphäre durchgängig gleiche Dichtigkeit besäße. So aber lagern immer dünnere und leichtere Schichten Luft in der Atmosphäre übereinander, und so muß dann das Barometer, wenn man sich weiter und weiter in der Atmosphäre mit ihm erhebt, nach Zurücklegung der ersten 1000 F. um 1 Zoll, nach den nächsten 1000 F. schon um weniger als 1 Zoll sinken, nach den zweiten 1000 F. um noch weniger u. s. f. Vergl. d. Art. Atmosphäre. Das Gesetz, nach welchem die Abnahme der Dichte der atmosphärischen Luft sowohl, wie bei jeder Gasart abnimmt, ist bekannt und heißt das Mariottesche Gesetz. (S. d. Art. Atmosphäre und Gas.)

Da die Barometerhöhe an demselben Orte nach Tag und Stunde, so wie nach zufälligen Umständen der Witterung sehr verschieden ist, (s. d. Art. Barometer) so wird es darauf ankommen, bei denjenigen Beobachtungen, aus denen die senkrechte Höhe des einen Ortes über dem andern berechnet werden soll, entweder nur mittlere Beobachtungen zum Grunde zu legen, oder auf die zufälligen den Barometerstand modificirenden Umstände, während der Beobachtung genau Rücksicht zu nehmen. Da man weiß, daß das Barometer nicht allein von dem Drucke der Atmosphäre, sondern auch von der Wärme afficirt wird, so wird jede Barometerbeobachtung zugleich mit einer Thermometerbeobachtung verbunden sein müssen. Nicht allein das Quecksilber des Barometers wird durch die Wärme ausgedehnt, sondern auch die Luft selbst. Ferner wirken auch die in der Luft bald mehr bald weniger ausgebreiteten Dünste verändernd auf den Druck der Luft. Endlich noch ist die Schwere in den verschiedenen Breiten verschieden (s. d. Art. Erde, Pendel und Schwere). Auf alle diese Umstände wird bei den Beobachtungen, wie bei den Berechnungen der Höhen aus Barometerbeobachtungen Rücksicht zu nehmen sein.

Es haben sich verschiedene Mathematiker damit beschäftigt, allgemeine Formeln herzuleiten, aus denen nach den gemachten Beobachtungen die Höhen zu berechnen sind.*)

---

*) Die Ableitung der Formel selbst kann nicht wohl anders als unter Voraussetzung einiger ausgedehnterer mathematischer Kenntnisse gegeben werden. Daher will ich mich begnügen in einer Anmerk. diejenige Ableitung wiederzugeben, welche Baumgartner mittheilt. Ist P der Luftdruck an der Basis eines Berges, P′ der Luftdruck in einer um eine Längeneinheit höheren Station, und setzt man $\frac{P'}{P} = Q$, so wird der Luftdruck M in einer um m Einheiten über der Basis erhöhten Station durch PQ^m und der Luftdruck N in einer um n Einheiten erhöhten Station durch PQ^n ausgedrückt, und man hat:

$$Q^m = \frac{M}{P},\ Q^n = \frac{N}{P},\ m \log Q = \log \frac{M}{P},\ n \log Q = \log \frac{N}{P}$$

und aus beiden Gleichungen

$$m = n \frac{\log P - \log M}{\log P - \log N}$$

Um in einzelnen Fällen der Beobachtung die Rechnung noch leichter zu machen, sind ferner auch Tabellen berechnet worden und durch diese ist dann jeder Beobachter, auch ohne mathematische Kenntnisse zu haben, in Stand gesetzt, aus den von ihm gemachten Beobachtungen die Höhen zu berechnen. In der folgenden kleinen Tafel, welche nur

---

Denkt man sich den Barometerstand an der Basis = 28 P. Z. = 336 L. und die zweite Station um 0,10467 F. höher, so muß in dieser der Barometerstand um 0,00001 F. = 0,00144 L. tiefer stehen, weil das Quecksilber bei 28 P. Z. Luftdruck und einer Temperatur von 0° C. 10467 mal dichter ist als atmosphärische Luft. Man hat daher $P = 336$, $N = 336 - 0{,}00144 = 335{,}99856$, $n = 0{,}10467$ und weil $\log P - \log N = 0{,}0000018585$ ist,

$$m = 56320 \,(\log P - \log M).$$

Heißt in einer andern Station der auf 0° reducirte Barometerstand M'; so erhält man die Höhe m' derselben durch die Formel

$$m' = 56320 \,(\log P - \log M')$$

und aus beiden den Höhenunterschied beider Stationen

$$m' - m = 56320 \,(\log M - \log M').$$

Diese Formel gilt aber nur für die Temperatur = 0° C. und für ganz trockene Luft, ja sie setzt sogar voraus, daß die Schwere auf die obere und untere Luftschicht gleich stark und in beiden so wirke, wie in einer Breite von 45°. Alle diese Punkte trifft man aber nie in der Wirklichkeit so an, wie es hier verlangt wird; daher muß man obige Formel so einrichten, daß sie auf jeden vorkommenden Fall paßt. Der numerische Coefficient dieser Formel verändert sich mit der Wärme, weil dadurch auch das Verhältniß zwischen der Dichte des Quecksilbers und der Luft geändert wird. Man kann füglich annehmen, der Coefficient sei der Temperatur proportionirt und gehe dann für die Temperatur T in $56320\,(1 + 0{,}00375.\,T)$ über. Der Werth von T ist die mittlere Temperatur beider Stationen, als welche man gewöhnlich die halbe Summe der Temperaturen beider Stationen annimmt. Ist demnach die Temperatur der Luft in der untern Station t, in der obern t', so hat man:

$$m' - m = 56320 \left(1 + 0{,}00375.\,\frac{t + t'}{2}\right)(\log M - \log M').$$

Die Correction für die in der Luft enthaltenen Dünste bezieht sich auf 2 Punkte; 1) auf die Aenderung des Luftdruckes durch den Zutritt der Dünste; 2) auf die Aenderung der Ausdehnungsgröße trockener Luft durch die Wärme, welche durch Beimengung der Dünste eintritt. Heißt die Spannkraft der Dünste in der untern Station e, in der obern e'; so verhält sich der Druck von Seiten der Dünste zum Druck von Seiten der Luft, in der untern Station nahe wie $\frac{10}{16} e : M$, in der obern wie $\frac{10}{16} e' : M'$, falls die Dünste wie die Luft nach oben zu an Dichte abnehmen; allein da nach Anderson die Dünste viermal schneller abnehmen als die Luft, so hat man nur die Verhältnisse nahe wie $\frac{1}{6} e : M$ und $\frac{1}{6} e' : M'$. Daher

bei geringen Berghöhen Anwendung findet, und die Baumgartner berechnet hat, bedeutet B den auf 0° reducirten Barometerstand (S. d. Art. Barometer S. 177. ff.), H die Höhe, D die Differenz zweier auf einander folgenden Höhen. Alles bezieht sich auf Wienermaß.

---

ist der Druck der trockenen Luft in der untern Station $M - \frac{e}{6}$, in der obern $M' - \frac{e'}{6}$. Das Volumen trockener Luft ändert sich durch Beimengung von Dünsten in der untern Station in dem Verhältnisse $1 + \frac{e}{M - e} : 1$ in der oberen wie $1 + \frac{e'}{M' - e'} : 1$. Setzt man nun für e oder e′ die mittlere Spannkraft der Dünste $\frac{e + e'}{2}$ und für M die mittlere Barometerhöhe $\frac{M + M'}{2}$, so hat man eine Aenderung des Luftvolumens und daher auch des specifischen Gewichtes in dem Verhältnisse $1 + \frac{(e + e')}{M + M' - (e + e')} : 1$. Werden diese Correctionen in obiger Formel angebracht, so wird

$$m' - m = 56320\left(1 + 0{,}00375.\frac{t + t'}{2}\right)$$
$$\left(1 + \frac{e + e'}{M + M - (e + e')}\right)\left(\log\left(M - \frac{e}{6}\right) - \log\left(M' - \frac{e'}{6}\right)\right).$$

Die Correctionen wegen der Abnahme der Schwere nach oben lassen sich am einfachsten dadurch anbringen, daß man ein für allemal den Coefficienten 56320 um 150 Einheiten vergrößert. Die Correction, wodurch die Formel für jede geographische Breite φ brauchbar wird, verrichtet man mittelst des Factors $1 + 0{,}002837 \cos. \varphi$. Auf diese Weise erhält man als allgemeine Formel, welche den Höhenunterschied zweier Stationen in P. F. angibt:

$$m' - m = 56470\left(1 + 0{,}00375.\frac{t + t'}{2}\right)$$
$$\left(1 + \frac{e + e'}{M + M' - (e + e')}\right)\left(\log\left(M - \frac{e}{6}\right) - \log\left(M' - \frac{e'}{6}\right)\right)$$
$$(1 + 0{,}002837 \cos. \varphi).$$

Für Fälle wo keine große Schärfe verlangt wird, reicht die Formel aus:

$$m' - m = 56470\ (1 + 0{,}002\,(t + t'))\ (\log M' - \log M).$$

Soll die Formel die Höhenunterschiede in Wiener Fußmaß angeben, so muß man statt obigen Factors 56470 setzen 57992. Wenn die Stationen, deren Höhenunterschied man sucht, nicht gar weit von einander entfernt sind, so kann man diesen Unterschied nach den gleichzeitigen Barometerhöhen in beiden berechnen; ist aber ihre Entfernung groß, so muß man für M′ und M die aus vielen Beobachtungen genommenen mittleren Höhen setzen. Im ersten Falle ist weder die Tageszeit noch der Zustand der Atmosphäre, bei denen man die Beobachtung macht, gleichgültig.

B.	H.	D.	B.	H.	D.
301 L.	84 F.	8,3	321 L.	1704 F.	7,9
302	168	8,3	322	1738	7,7
303	250	8,3	323	1860	7,8
304	333	8,3	324	1938	7,8
305	416	8,3	325	2016	7,7
306	499	8,3	326	2093	7,8
307	581	8,2	327	2171	7,6
308	663	8,2	328	2247	7,7
309	745	8,1	329	2324	7,6
310	826	8,1	330	2400	7,7
311	907	8,1	331	2477	7,6
312	988	8,0	332	2553	7,5
313	1066	8,1	333	2628	7,6
314	1149	8,0	334	2704	7,5
315	1229	8,0	335	2779	7,6
316	1309	7,9	336	2855	7,5
317	1388	8,0	337	2930	7,4
318	1468	7,9	338	3004	7,4
319	1547	7,9	339	3078	7,4
320	1626	7,8	340	3152	7,4

Beim Gebrauche nehme man aus der Columne H die Zahl, welche dem Barometerstand B in der ersten Station, nach Hinweglassung der Bruchtheile einer Linie, entspricht, hierauf multiplicire man die weggelassenen Zehntellinien mit der Zahl aus der Columne D, welche dem Barometerstande entspricht, und addire dieses Product zu ersterer Zahl, thue hierauf dasselbe für den Barometerstand der zweiten Station; so erhält man durch die Differenz der zwei so gefundenen Zahlen die verlangte Höhe = A. Um diese für die Luftwärme in beiden Stationen zu corrigiren, multiplicire man den tausendsten Theil der gefundenen Höhe mit der doppelten Summe der Temperaturen beider Stationen, und gebe das Product mit seinen Zeichen zu A. Folgende Beispiele dienen noch zu näherer Erklärung. Aus 24 gleichzeitigen Beobachtungen ergab sich

der Barometerstand (reducirt auf 0° C.) in Wien............. 339,1 L.
" " " " " am Leopoldsberge.... 330,5 L.
die Temperatur in Wien war.................................... 14°,40 C.
" " am Leopoldsberge.................................. 14°,42 C.

Die Berechnung mit Hilfe der Tabelle ist hiernach folgende:

Der Barometerhöhe 339 entspricht in der Col. H die Zahl...... 3078
0,1.. 7
folglich 339,1.. 3085

Der Barometerhöhe 330 entspricht in der Col. H die Zahl...... 2400
0,5 38

folglich 330,5 2438
also der Höhenunterschied 3085 — 2438 = ... 647

Die Correctur ist $\frac{647}{1000}$ 2 (14,40 + 14,42) = ... + 37

Die gesuchte Höhe also endlich .... 684 F.

Ausgedehntere und genauere Tafeln sind von **Oltmanns** berechnet worden. Sie sind folgende.

I.

Barometerstand.	Höhe.	Barometerstand.	Höhe.	Barometerstand.	Höhe.	Barometerstand.	Höhe.
mm	m	mm	m	mm	m	mm	m
370	418.5	394	919.0	418	1389.9	442	1834.5
371	440.0	395	939.2	419	1408.9	443	1852.5
372	461.5	396	959.3	420	1427.9	444	1870.4
373	482.9	397	979.4	421	1446.8	445	1888.3
374	504.2	398	999.5	422	1465.7	446	1906.2
375	525.4	399	1019.5	423	1484.6	447	1924.0
376	546.6	400	1039.4	424	1503.4	448	1941.8
377	567.8	401	1059.3	425	1522.2	449	1959.6
378	588.9	402	1079.1	426	1540.8	450	1977.3
379	609.9	403	1098.9	427	1559.5	451	1994.9
380	630.9	404	1118.6	428	1578.2	452	2012.6
381	651.8	405	1138.3	429	1596.8	453	2030.2
382	672.7	406	1157.9	430	1615.3	454	2047.8
383	693.5	407	1177.5	431	1633.8	455	2065.3
384	714.3	408	1197.1	432	1652.2	456	2082.8
385	735.0	409	1216.6	433	1670.6	457	2100.2
386	755.6	410	1236.0	434	1689.0	458	2117.6
387	776.2	411	1255.4	435	1707.3	459	2135.0
388	796.8	412	1274.8	436	1725.6	460	2152.3
389	817.3	413	1294.1	437	1743.8	461	2169.6
390	837.8	414	1313.3	438	1762.1	462	2186.9
391	858.2	415	1332.5	439	1780.3	463	2204.1
392	878.5	416	1351.7	440	1798.4	464	2221.3
393	898.8	417	1370.8	441	1816.5	465	2238.4

Barometerstand.	Höhe.	Barometerstand.	Höhe.	Barometerstand.	Höhe.	Barometerstand.	Höhe.
mm	m	mm	m	mm	m	mm	m
466	2255.5	507	2927.0	548	3546.3	589	4120.8
467	2272.6	508	2942.7	549	3560.8	590	4134.3
468	2289.6	509	2958.4	550	3575.3	591	4147.8
469	2306.6	510	2974.0	551	3589.8	592	4161.3
470	2323.6	511	2989.6	552	3604.2	593	4174.7
471	2340.5	512	3005.2	553	3618.6	594	4188.1
472	2357.4	513	3020.7	554	3633.0	595	4201.5
473	2374.2	514	3036.2	555	3647.4	596	4214.9
474	2391.1	515	3051.7	556	3661.7	597	4228.2
475	2407.9	516	3067.2	557	3676.0	598	4241.6
476	2424.6	517	3082.6	558	3690.3	599	4254.9
477	2441.3	518	3097.9	559	3704.6	600	4268.2
478	2458.0	519	3113.3	560	3718.8	601	4281.4
479	2474.6	520	3128.6	561	3733.0	602	4294.7
480	2491.3	521	3143.9	562	3747.2	603	4307.9
481	2507.9	522	3159.2	563	3761.3	604	4321.1
482	2524.3	523	3174.4	564	3775.4	605	4334.3
483	2540.8	524	3189.7	565	3789.5	606	4347.4
484	2557.3	525	3204.9	566	3803.6	607	4360.5
485	2573.7	526	3220.0	567	3817.7	608	4373.7
486	2590.2	527	3235.1	568	3831.7	609	4386.7
487	2606.6	528	3250.2	569	3845.7	610	4399.8
488	2622.9	529	3265.3	570	3859.7	611	4412.8
489	2639.2	530	3280.3	571	3873.7	612	4425.9
490	2655.4	531	3295.3	572	3887.6	613	4438.9
491	2671.6	532	3310.3	573	3901.5	614	4451.9
492	2687.9	533	3325.3	574	3915.4	615	4464.8
493	2704.1	534	3340.2	575	3929.3	616	4477.7
494	2720.2	535	3355.1	576	3943.1	617	4490.7
495	2736.3	536	3370.0	577	3956.9	618	4503.6
496	2752.3	537	3384.8	578	3970.7	619	4516.4
497	2768.3	538	3399.6	579	3984.5	620	4529.3
498	2784.4	539	3414.4	580	3998.2	621	4542.1
499	2800.4	540	3429.2	581	4011.9	622	4554.9
500	2816.3	541	3443.9	582	4025.6	623	4567.7
501	2832.2	542	3458.6	583	4039.3	624	4580.5
502	2848.1	543	3473.3	584	4052.9	625	4593.2
503	2864.0	544	3487.9	585	4066.6	626	4606.0
504	2879.8	545	3502.5	586	4080.2	627	4618.7
505	2895.6	546	3517.2	587	4093.8	628	4431.4
506	2911.3	547	3531.8	588	4107.3	629	4644.0

Barometerstand.	Höhe.	Barometerstand.	Höhe.	Barometerstand.	Höhe.	Barometerstand.	Höhe.
mm	m	mm	m	mm	m	mm	m
630	4656.7	671	5158.8	712	5631.1	753	6076.9
631	4669.3	672	5170.6	713	5642.2	754	6087.5
632	4682.0	673	5182.5	714	5653.4	755	6098.0
633	4694.5	674	5194.3	715	5664.6	756	6108.6
634	4707.1	675	5206.1	716	5675.7	757	6119.1
635	4719.7	676	5217.9	717	5686.8	758	6129.6
636	4732.2	677	5229.7	718	5697.9	759	6140.1
637	4744.7	678	5241.4	719	5709.0	760	6150.6
638	4757.2	679	5253.2	720	5720.1	761	6161.1
639	4769.7	680	5264.9	721	5731.1	762	6171.5
640	4782.1	681	5276.6	722	5742.1	763	6182.0
641	4794.6	682	5288.3	723	5753.1	764	6192.4
642	4807.0	683	5300.0	724	5764.2	765	6202.8
643	4819.4	684	5311.6	725	5775.1	766	6213.2
644	4831.7	685	5323.2	726	5786.1	767	6223.6
645	4844.1	686	5334.8	727	5797.1	768	6234.0
646	4856.4	687	5346.4	728	5808.0	769	6244.4
647	4868.7	688	5358.0	729	5819.0	770	6254.7
648	4881.0	689	5369.6	730	5829.9	771	6265.0
649	4893.3	690	5381.1	731	5840.8	772	6275.4
650	4905.6	691	5392.7	732	5851.7	773	6285.7
651	4917.8	692	5404.2	733	5862.5	774	6296.0
652	4930.0	693	5415.7	734	5873.4	775	6306.2
653	4942.2	694	5427.2	735	5884.2	776	6316.5
654	4954.4	695	5438.7	736	5895.1	777	6326.7
655	4966.6	696	5450.1	737	5905.9	778	6337.0
656	4978.7	697	5461.5	738	5916.7	779	6347.2
657	4990.9	698	5472.9	739	5927.5	780	6357.4
658	5003.0	699	5484.3	740	5938.2	781	6367.6
659	5015.1	700	5495.7	741	5949.0	782	6377.8
660	5027.2	701	5507.1	742	5959.7	783	6388.0
661	5039.2	702	5518.4	743	5970.4	784	6398.2
662	5051.2	703	5529.8	744	5981.2	785	6408.3
663	5063.3	704	5541.1	745	5991.9	786	6418.5
664	5075.3	705	5552.4	746	6002.5	787	6428.6
665	5087.2	706	5563.7	747	6013.2	788	6438.7
666	5099.2	707	5575.0	748	6023.8	789	6448.8
667	5111.2	708	5586.2	749	6034.4	790	6458.9
668	5123.1	709	5597.5	750	6045.1		
669	5135.0	710	5608.7	751	6055.7		
670	5146.9	711	5619.9	752	6066.3		

II.

t° — t,	Meter.	t° — t,	Meter.	t° — t,	Meter.
0.2	0.3	6.8	10.0	13.4	19.7
0.4	0.6	7.0	10.3	13.6	20.0
0.6	0.9	7.2	10.6	13.8	20.3
0.8	1.2	7.4	10.9	14.0	20.6
1.0	1.5	7.6	11.2	14.2	20.9
1.2	1.8	7.8	11.5	14.4	21.2
1.4	2.1	8.0	11.8	14.6	21.5
1.6	2.3	8.2	12.1	14.8	21.8
1.8	2.6	8.4	12.4	15.0	22.1
2.0	2.9	8.6	12.6	15.2	22.4
2.2	3.2	8.8	12.9	15.4	22.7
2.4	3.5	9.0	13.2	15.6	22.9
2.6	3.8	9.2	13.5	15.8	23.2
2.8	4.1	9.4	13.8	16.0	23.5
3.0	4.4	9.6	14.1	16.2	23.8
3.2	4.7	9.8	14.4	16.4	24.1
3.4	5.0	10.0	14.7	16.6	24.4
3.6	5.3	10.2	15.0	16.8	24.7
3.8	5.6	10.4	15.3	17.0	25.0
4.0	5.9	10.6	15.6	17.2	25.3
4.2	6.2	10.8	15.9	17.4	25.6
4.4	6.5	11.0	16.2	17.6	25.9
4.6	6.8	11.2	16.5	17.8	26.2
4.8	7.1	11.4	16.8	18.0	26.5
5.0	7.4	11.6	17.1	18.2	26.8
5.2	7.6	11.8	17.4	18.4	27.1
5.4	7.9	12.0	17.6	18.6	27.4
5.6	8.2	12.2	17.9	18.8	27.7
5.8	8.5	12.4	18.2	19.0	28.0
6.0	8.8	12.6	18.5	19.2	28.2
6.2	9.1	12.8	18.8	19.4	28.5
6.4	9.4	13.0	19.1	19.6	28.8
6.6	9.7	13.2	19.4	19.8	29.1

III.

Geographische Breite.

Höhe.	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
200	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.4
400	2.4	2.4	2.4	2.2	2.0	2.0	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	0.8
600	3.4	3.4	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.0	1.8	1.6	1.2
800	4.5	4.5	4.5	4.3	4.1	3.8	3.5	3.1	2.8	2.4	2.0	1.7
1000	5.7	5.7	5.7	5.3	5.1	4.8	4.3	3.8	3.4	3.1	2.6	2.2
1200	7.0	7.0	6.8	6.4	6.0	5.8	5.1	4.6	4.2	3.6	3.1	2.6
1400	8.2	8.2	8.0	7.6	7.1	6.7	6.1	5.4	4.8	4.2	3.6	3.0
1600	9.2	9.2	9.0	8.8	8.2	7.6	7.0	6.2	5.6	4.8	4.1	3.4
1800	10.4	10.4	10.2	9.8	9.4	8.6	8.0	7.0	6.3	5.4	4.6	3.8
2000	11.6	11.5	11.3	11.0	10.4	9.6	8.8	7.8	7.0	6.0	5.1	4.2
2200	12.8	12.6	12.6	12.1	11.4	10.6	9.7	8.6	7.6	6.6	5.6	4.6
2400	14.0	14.0	13.8	13.3	12.5	11.6	10.6	9.4	8.4	7.2	6.1	5.1
2600	15.2	15.2	15.0	14.4	13.6	12.6	11.6	10.5	9.2	8.0	6.8	5.6
2800	16.6	16.5	16.4	15.6	14.8	13.6	12.6	11.4	10.0	8.8	7.4	6.2
3000	17.9	17.7	17.6	16.8	15.8	14.6	13.6	12.2	10.8	9.4	8.0	6.6
3200	19.1	18.9	18.7	18.0	17.0	15.7	14.6	13.1	11.5	10.1	8.6	7.0
3400	20.5	20.3	20.1	19.3	18.4	16.9	15.7	14.1	12.4	10.9	9.2	7.7
3600	21.8	21.7	21.4	20.4	19.6	18.0	16.7	15.0	13.4	11.6	9.8	8.2
3800	23.1	22.9	22.6	21.6	20.6	19.1	17.7	15.9	14.3	12.4	10.5	8.7
4000	24.6	24.4	24.0	22.9	21.9	20.3	18.7	17.0	15.1	13.1	11.2	9.4
4200	25.9	25.7	25.3	24.3	23.0	21.6	19.9	18.0	15.9	14.0	12.0	10.1
4400	27.5	27.3	26.8	25.8	24.3	23.0	21.1	19.1	16.9	15.0	12.9	10.8
4600	28.9	28.7	28.2	27.1	25.6	24.3	22.3	20.3	18.0	15.9	13.6	11.5
4800	30.4	30.2	29.6	28.4	27.0	25.5	23.4	21.3	19.0	16.7	14.3	12.1
5000	31.8	31.6	30.9	29.8	28.4	26.7	24.6	22.3	19.9	17.4	15.0	12.7
5200	33.0	32.8	32.1	31.0	29.7	28.0	25.7	23.3	20.8	18.2	15.7	13.3
5400	34.3	34.1	33.5	32.4	30.8	29.2	26.7	24.3	21.7	19.1	16.4	13.9
5600	35.7	35.5	34.8	33.7	32.1	30.2	27.8	25.3	22.6	19.9	17.2	14.5
5800	37.1	36.9	36.1	35.0	33.2	31.3	28.9	26.3	23 6	20.7	17.8	15.1
6000	38.5	38.3	37.5	36.3	34.3	32.3	30.0	27.3	24.6	21.5	18.5	15.7

IV.

Höhe.	Correction. Meter.	Höhe.	Correction. Meter.
400	1.71	600	0.63
450	1.39	650	0.42
500	1.11	700	0.22
550	0.86	750	0.03

Wie man sieht, besteht die ganze Tafel aus 4 verschiedenen Theilen, deren Gebrauch nun folgender ist. Durch die Beobachtungen gegeben muß sein:

1) Der Barometerstand der untern Station = B
2) „ „ der obern Station = b
3) Die Temperatur des Quecksilbers in der untern Station = t
4) „ „ „ „ in der obern Station = t,
5) „ „ der Luft in der untern Station = T
6) „ „ „ „ in der obern Station = T,
7) Endlich die geographische Breite = φ.

Hat man alle diese Angaben für den gesuchten Fall sämmtlich in Zahlen gegeben, so wird:

a, nach Tafel I die zu B gehörige Höhe (= H) gesucht, eben so die zu b gehörige Höhe (= H'), man findet sie ähnlich wie bei der nach Baumgartner oben angegebenen kleinen Tafel.

b, Man suche den Unterschied der Temperaturen des Quecksilbers an beiden Beobachtungsorten, also t — t, und suche diese Zahl in der Tab. II auf. Die dieser gegenüberstehende Zahl (m) wird zu der Höhe (H), welche dem Barometerstande B entspricht, mit ihrem Zeichen hinzugesetzt. Von der corrigirten Höhe H wird H' abgezogen; so erhält man zunächst die gesuchte Höhendifferenz Z, welche aber noch weiteren Correcturen unterworfen werden muß.

c, Der tausendste Theil von Z wird mit der doppelten Summe der Barometerstände T und T, in der freien Luft an beiden Stationen multiplicirt, das Product ist die Correction wegen der Luftwärme = Z_1, welches mit dem Zeichen welches der Größe $\frac{T + T,}{2}$ zukommt, zu Z hinzugesetzt wird. So erhält man $Z + Z_1$.

d, Aus der Tafel III nehme man nun die Zahl welche zugleich in der verticalen Reihe der Breite φ entspricht, und in der horizontalen Reihe der Größe $Z + Z_1$. Sie sei Z_2; man berechne nun $Z + Z_1 + Z_2$.

e, Wenn die Höhe der untern Station schon sehr bedeutend war, so bedarf es nur noch einer Correctur wegen der Abnahme der Schwere, wozu Tafel IV Gelegenheit bietet. Man braucht sie so: 1000 M. verhalten sich zur gefundenen Höhe, wie die zu B gehörige Correction (aus der Tafel III) zur gesuchten Correction. Diese hieraus gefundene heiße Z_3; so ist die wahre gesuchte Höhendifferenz $= Z + Z_1 + Z_2 + Z_3$.

Beispiel. Gegeben sind die Beobachtungen von Wien und dem Gipfel des Gamskahrkogels im Salzburgschen (Breite 47° 10' = φ.)

Station.	Barometerstand.	Temperatur des Quecksilbers.	Temperatur der Luft.
Wien............	747,45 Mm. = B	0° C. = t	16°, 2 C. = T
Gamskahrkogels	569,10 Mm. = b	10° C. = t,	9°, 2 C. = T,

Man findet (nach a) $H = 6017,9$ M.
$H' = 3847,1$ M.
ferner (nach b) $t - t_{,} = - 10°$ C.
$m = - 14,7$
$H - m = 6003,2$
$Z = H - m - H' = 2156,1$

ferner (nach c) $\frac{Z}{1000} 2(T+T_{,}) = Z_1 = 2,1561 \times 2(16°,2 + 9°,2)$
$Z_1 = 109,5$
$Z + Z_{,} = 2265,6$
ferner (nach d) $Z_2 = 6,6$
$Z + Z_1 + Z_2 = 2272,2$
endlich (nach e) 1000 M : $2272,2 = 0,03 : x$
$x = 0,068$

Diese letzte Correction trift also die nur bis zu Zehnteln fortgesetzte Höhenbestimmung nicht mehr, und man hat folglich als gesuchte Höhendifferenz = 2272,2 Meter.

Wenn man den Höhenunterschied zweier Orte nach gleichzeitigen Barometerbeobachtungen an beiden Orten berechen will, so muß man wo möglich zwei völlig in ihren Schwankungen übereinstimmende Barometer an den beiden Orten anwenden. Jedenfalls muß man vor den Beobachtungen sowohl als nach denselben die beiden anzuwendenden Barometer genau mit einander vergleichen. Ergibt sich, daß die Differenz beider Barometer constant ist, so reicht eine einfache Addition oder Subtraction hin, die Resultate der Beobachtungen zu berichtigen, ist dagegen die Differenz veränderlich, so wird man niemals zuverlässige Resultate erhalten. Was die Zeit betrifft, welche man zu Beobachtungen, die Höhenmessungen zum Zwecke haben, anwendet, so ist im Allgemeinen Regel, daß man nicht zu Zeiten, welche von ungewöhnlichen Barometerschwankungen begleitet zu sein pflegen, beobachte. Daher darf man nicht beobachten bei heftigen oder veränderlichen Winden und bei Regengüssen, eben so wenig bei ungewöhnlich hohem Thermometerstande, bei sehr veränderlicher Temperatur, bei großer Trockenheit der Luft. Am geeignetsten zu Beobachtungen sind neblige Tage mit umwölktem Himmel. Man hat ferner die Erfahrung gemacht, daß zu Mittage angestellte Beobachtungen die Höhen immer zu groß, bei Nachtzeit angestellte dagegen dieselben zu klein geben. Nach d'Aubuisson ist die geeignetste Zeit zu Höhenmessungen 8 Uhr Vormittags oder 4 Uhr Nachmittags, in welcher Zeit die Temperaturveränderungen am langsamsten vor sich gehen. Baumgartner erinnert, daß man bei Reisen auf Berghöhen um Barometermessungen anzustellen, nicht allein einen Barometer und einen freien Thermometer mit sich führen müsse, sondern auch die zur Aufstellung dieser Instrumente nöthigen Gestelle,*) um so mehr als man in großen, der Vegetation entrückten Gegenden, nicht immer Gelegenheit findet, die Instrumente an einen Baum zu hängen.

*) Vergl. den Art. Barometer.

Vorzüglich gute Dienste leistet ein dreifüßiges Gestell, aber auch ein rechtwinklig gebogener eiserner Hacken soll nicht fehlen, und man thut gut sich zugleich mit einem Fernrohre zu versehen, das ein Fadenkreuz hat und mit einer Libelle verbunden ist. Auf der Reise zum Beobachtungsorte hat man auf das Barometer die größte Aufmerksamkeit zu verwenden und insbesondere dafür zu sorgen, daß es nicht Luft fange und das Quecksilber nicht über Gebühr erhitzt werde. Darum halte man es stets in einiger Entfernung vom Körper und wo möglich auf der Schattenseite, trage es mit dem obern Ende nach vorwärts gekehrt, lege es beim etwaigen Ausruhen nicht auf feuchten Boden oder auf Felsen, die von der Sonne beschienen werden oder die Zeichen einer starken Wärmestrahlung an sich tragen.

Ist man an Ort und Stelle angelangt, so wird das Barometer aufgehängt. Ist ein Fels, ein Baum u. s. w. in der Nähe, so kann dieses mittelst des oben erwähnten Hakens geschehen, den man in das Holz oder in einen Felsensprung hineintreibt; fehlt es an solchen natürlichen Stützen, so muß man den dazu bestimmten Dreifuß aufrichten. Das Barometer soll stets im Schatten hängen. Bietet ein hervorragender Fels einen Schatten dar, so ist dieser zu benutzen; auch wenn das Barometer an einen Baum gehängt wird, soll es an der Schattenseite geschehen. In Ermanglung dessen benutzt man den Schatten des Dreifußes, eines Begleiters, zusammengetragener Steine u. s. w. oder man spannt einen eigens dazu bestimmten Schirm auf. In Ermangelung jedes andern Hilfsmittels umwickelt man das Barometer bis zu der Stelle, wo man beobachtet, mit einem zu Gebote stehenden, am besten weißen Tuche. Bei starkem Winde wird das Schwanken des Barometers durch Steine oder Erdstücke gehemmt. Ist das Barometer aufgestellt, so darf man doch nicht alsogleich zum Beobachten des Luftdruckes schreiten, sondern man muß abwarten, bis der Augenblick eintritt, wo man es für wahrscheinlich halten kann, daß das am Barometer befestigte Thermometer die Temperatur des Quecksilbers im Barometer richtig angibt. Man betrachte darum von Zeit zu Zeit dieses Thermometer, und beurtheile sorgfältig, was etwa auf Rechnung der Strahlung, zufälliger Einflüsse u. s. w. kommt. Nach einer Viertelstunde bei Barometern, die in Metall gefaßt sind und bei bewölktem Himmel, aber erst nach einer halben Stunde beim Gebrauch eines Barometers in hölzerner Fassung oder bei heiterem Himmel und Sonnenschein, kann man den Stand des Thermometers als Anzeige der Temperatur des Quecksilbers brauchen. Diesen Stand muß man aber vor der Barometerbeobachtung kennen lernen, um nicht durch anhaltende Nähe des Körpers, wie sie zum Behufe des Einstellens und Beobachtens des Barometers nothwendig ist, das Thermometer mehr als das Barometer zu afficiren und dadurch eine fehlerhafte Temperatur in Rechnung zu bringen. Ist die Temperatur des Quecksilbers bekannt, so geht man zur Beobachtung der Quecksilbersäule im Barometer über, wobei man auf richtige Stellung des Auges, auf den verticalen Stand der Quecksilbersäule u. s. w. wohl zu sehen hat. Der letztere läßt sich manchmal nur schwer herstellen, weil auf großen isolirten Höhen häufig

starke Winde hausen, so daß man oft sogar genöthigt ist, den Barometerstand bei schwankender Säule aus der Excursionsweite und dem tiefsten, beim Sinken des Quecksilbers eintretenden Stande derselben abzunehmen. Das Thermometer, welches die Luftwärme angeben soll, bedarf einer nicht minderen Sorgfalt. Es muß an einem offenen, luftigen Orte im Schatten aufgehängt werden und von dem Träger, von Felsen oder Mauern wenigstens einige Zolle entfernt sein. Es gehört Ueberlegung dazu, um den rechten Wärmegrad der Luft zu treffen, denn das Thermometer steigt und sinkt, so wie die Sonne sich zeigt oder sich hinter Wolken verbirgt, oder Winde ihr Spiel mit mehr oder weniger Lebhaftigkeit treiben. Bei ganz ruhiger Luft erhält man selten die Temperatur der atmosphärischen Schichten, um die es sich handelt, sondern die des Beobachtungsortes, und während des Windes täuscht man sich nicht selten, besonders wenn er nicht constant ist. — Hat man die nöthigen Beobachtungen gemacht, so werden sie in das dazu bestimmte Manuale eingetragen und denselben noch überdieß die Höhe des unteren Quecksilbergefäßes des Barometers über dem Boden beigesetzt, um sie bei der Höhenberechnung vom Resultate abziehen zu können. Hat man wegen Mangel eines zweckmäßigen Platzes zum Aufstellen der Instrumente, überdieß eine unter dem zu bestimmenden Berggipfel liegende Station wählen müssen, so muß man auch noch diese Höhe schätzen, oder durch Nivelliren bestimmen, um sie zur beobachteten Höhe addiren zu können. Eine richtige Höhenbestimmung setzt zwei gleichzeitige Beobachtungen voraus, wozu demnach zwei Beobachter nothwendig sind. Soll ein einziger Beobachter das ganze Geschäft übernehmen, so muß er aus den nach gewissen Zwischenzeiten in beiden Stationen gemachten Beobachtungen auf den daselbst herrschenden gleichzeitigen Druck und die Temperatur schließen. Zu diesem Ende beobachtet man an der untern Station vor der Reise auf die obere den Luftdruck, und thut dasselbe abermals nach der Rückkehr von derselben, um mittelst der zwischen beiden Beobachtungen verflossenen Zeit, die stündliche Aenderung des Luftdruckes (s. d. Art. **Barometer**) berechnen und daraus den Barometerstand entnehmen zu können, welcher unten in dem Augenblicke herrschte, als man das Barometer in der oberen Station beobachtete. Kehrt man aber nicht wieder in die erste Station zurück, so läßt man auf die erste daselbst gemachte Beobachtung nach einer Zeit, die wenigstens so lang ist als man braucht, um den halben Weg zur oberen Station zurückzulegen, eine zweite Beobachtung folgen und benutzt die dabei bemerkte Veränderung des Luftdruckes, um den Barometerstand in der untern Station zur Zeit der oberen Beobachtung zu berechnen. — Die Temperatur läßt sich mit weniger Sicherheit erschließen. Indeß meint man der Wahrheit ziemlich nahe zu kommen, wenn man statt der Größe $t + t$, nur $2t$, setzt und dann die so sich ergebende Höhe um das Quadrat ihres 500. Theiles vermehrt.

Im Artikel **Berg** ist eine Tafel mitgetheilt worden, welche eine Angabe der **Berghöhen** enthält. Es ist hier der Ort diejenigen Hö-

henangaben zusammenzustellen, welche sich auf **bewohnte Ortschaften** und auf **Flüsse** und **Seen** beziehen. Die geographische und meteorologische Wichtigkeit dieser Bestimmungen leuchtet ein. Ich theile die von **Baumgartner** zusammengestellten alphabetisch geordneten Tafeln mit.

Bewohnte Ortschaften.

Name des Ortes.	Höhe
Aarau in der Schweiz	1140
Abbensee	221
Abbeville in Frankreich	74
Abendsberg in der Schweiz	5630
Abtenau in Salzburg	2329
Adelsberg in Krain	2159
Admont in Steiermark	1789
Agordo im Venezianischen	1947
Aiguebelle in Savoyen	930 990
Airolo, am Gotthardsberge	3534 3898
Aix in Savoyen	768
Ala in Tyrol	3154
Alausi, nahe bei den Cerroquellen in Quito	7488
Allevard in Frankreich	1356
Almaguer in Neu-Granada	6984
Altenau im Harz	1368
Altenberg in Sachsen	2288
Altenmarkt in Steiermark	1351
Alt-Walldorf in Ungarn	2215
Amiens in Frankreich	138
Amstäg in der Schweiz	1579
Andeer in der Schweiz	3060
Andermatt in der Schweiz	4356 4446
Andreasberg im Harz	1884
Anger in Oesterreich	2322
Anghiari in Toscana	1242
Annaberg in Sachsen	1883
= in Schlesien	1422
Annecy in Savoyen	1318
Annenur im Kaukasus	2670
Ansbach in Franken	1100
Antiochia	1680
Antisana, die Meierei, in Süd-Amerika	12604
Aosta in Piemont	1818
Appenzell in der Schweiz	1325
Aranjuez in Spanien	1548
Arberg in der Schweiz	1434

Name des Ortes.	Höhe.
Arbois in der Franche Comté	832
Arezzo in Toscana	674
Argunsk in Sibirien	3116
Ario in Amerika	5964
Arlon in Frankreich	1856
Arnstadt im Schwarzburgischen	849
Arona in der Lombardie	720
Arpenaz, an einem Wasserfalle in Savoyen	2392
Artern in Thüringen	668
Asiago in Oberitalien	3133
Auersberg in Sachsen	3091
= in Baiern	1693
= in Krain	3186
Augsburg in Baiern	1464
Augustusberg im Erzgebirge	992
Aulney in Frankreich	351
Aussee in Steiermark	2086
Aussig in Böhmen	372
Avallon	829
Auxerre in Frankreich	266
Aversertthal, das in Graubündten	5000
Avignon in Frankreich	84
Avio in Tyrol	476
Baden in Oesterreich	638
Baden-Baden, Schloßberg	1476
Baireuth	1105
Barancas de Johannes in Neu-Spanien	9840
Barcellona in Spanien, die Kathedralkirche	204
Barcellonette in Savoyen	3480
Barege im südl. Frankreich, das Thor zu den Bädern	3972
St. Bartolomeo, Can. Inseln	2591
Basel in der Schweiz	890
= der Spiegel das Rheins	666
Bassano in Italien	459
Baume les Nones, am Doubs in Frankreich	810

Name des Ortes.	Höhe.
Bautzen in der Lausitz	578
Beaucaire in Frankreich	78
Beaumont an der Oise in Frankreich	236
Bebra in Thüringen	711
Belfort in Frankreich	1080
Belki-Tiphir in Sibirien	5643
Bellegard in den Pyrenäen	1350
Bellenz in Canton Tessin	696
Belluno in Oberitalien	1281
Benavente in Spanien	1980
Beneckenstein im Klettenbergischen	1458
Bernard, Hospiz	7668
" kleines	6750
Berlin in Brandenburg	127
Bern in der Schweiz	1792
Berchtesgaden in Baiern	1662 2006
Besançon in Frankreich	755
Bex in der Schweiz	1328
" die Saline	2323
Bezieres in Frankreich	348
Biberach in Deutschland	1652
Bischofswerda in Sachsen	776
Blankenburg im Harz	732
Bleiberg in Kärnthen	2832
Bocza in den Karpathen	2840
Böckstein in Salzburg	3384
Bogota, Santa-Fé, in Amerika	8180
Bologna in Italien	374
Bomers am Ufer des Seineflusses	62
Bonn in Rheinpreußen	138
Bonneville in Savoyen	1385
Borna in Sachsen	394
Bozdorf in Ungarn	2205
Botzen in Tyrol	1074
Bourg en Bresse in Frankreich	684
Braunlage im Blankenburgischen	1692
Braunschweig in Deutschland	292
Breslau in Schlesien	388 400
Breisach in Deutschland	728
Breitenbach in Schwarzburg-Sondershausen	1174
Brest in Frankreich	108
Breville, höchstes Dorf im Fornangthale	6162
Briançon in Frankreich	3995 4026
Brieg in Ober-Wallis	2184
Brixen in Tyrol	1791 1903
Brockenberg, der, oder das Torfhaus auf dem Harze	2466
Broman am Mont Cenis	3752
Broterode in Thüringen an der Kirche	1708
Brougeres in den westl. Vogesen	1488
Bruck an der Mur in Steiermark	1393
Brückenberg in Böhmen	2293
Bruneck in Salzburg	1668
Brunecken in Tyrol	2610
Brüssel in den Niederlanden	262
Brüx in Böhmen	628
Bucheben in Salzburg	3495
Buchtorma in Sibirien	807
Buchberg in Schlesien	2410
" in Unterösterreich	1748
Budweis in Böhmen	1152
Buga in Neu-Granada	2994
Bundschuh in Salzburg, die Bergstube	5148
Burg Tonna in Sachsen	752
Calabora mitten in einer Llanos in Süd-Amerika	564
Calais am Kanal	36
Camanacca in Cumana im südlichen Amerika	624
Cambridge in Nord-Amerika	210
Camenz in der Lausitz	522
Capellen in Oesterreich	2047
Camoscie im Kirchenstaate	714
Canajai, ein Dorf am Abhange der Vedretta Marmolatta in Tyrol	4582
Capo d' Istria in Dalmatien	4198
Carcassonne in Süd-Frankreich	457
Carfuß in Tyrol	4847
Cariaco in Cumana	30
Caripe, Hauptniederlassung der Missionen der Chaymas-Indianer	2472
S. Carlos in Amerika	511
Carlshafen in Niederhessen	292
Carolina in Amerika	5581
" in Spanien	1700
Carracas in Süd-Amerika	2496
Carthago in Neu-Granada	2964
Cassel in Nieder-Hessen	483
Castelnaudary in Languedoc	702
Castres in Frankreich	738
Caxamarca in Peru	8460
Cembra in Tyrol	1816
Cerdon in Frankreich	1815
Cero im Venetianischen	2282
Chalons sur Marne in Frankreich	338

Name des Ortes.	Höhe.
Chamberg in Savoyen	822 846
Chamouny, die Priorei	3144 3174 3198
Champagnol am Ain in Frankreich	1512
Chantilly in Frankreich	111
Charo in Neu-Spanien	5868
Chatillon in Frankreich	522
Chatreuse im Thale der Reposoir	3213
Chaudefond, la, Neufchatel	3030 3075
Chaumont in Frankreich	432
Chaumont im Depart. der obern Marne	1166
Chiavenna in Italien	1080
Chilpansingo in Neu-Spanien	3332
Cholula ebendaselbst	6480
Christianberg in Böhmen	1414
Chur in Graubündten	1809
Clairet in Frankreich	1818
Claus, Schloß an der Steyer	1534
Clausen in Tyrol	1767
Clausenthal am Harz	1955 1740
Clermont in Auvergne	1590
Cluse an der Arve	1504
Coburg, Schloß in Sachsen	1583
Cölleda in Thüringen	654
Cöln in Rheinpreußen	130
Coimbra in Portugal	281
Colmar in Elsaß	552
Como in Nord-Italien	654
Coni in Piemont	1050
Constanz am See gleiches Namens	1182
Convento di Varnia in Toscana	3411
Corcovado in Brasilien	1970
Cordova in Spanien	748
Cortina in Tyrol	3775
Cosel in Schlesien	624
Cottbus in der Lausitz	315 336
Courmayeur in Piemont	3750
Crespadore im Venezianischen	1171
Crossen in der Neumark	159
Cuença in Quito	7740
Cuernavaco in Neu-Spanien	5100
Cumana in Süd-Amerika	18
Cunters, ein Wirthshaus an der großen Straße über den Septimer- und Julierberg	3522
Darmstadt in Hessen	341
Darney in Frankreich	756
Davos im Engadin, die Hauptkirche	4546
Dazio im Livinerthale	2868
Derenberg im Halberstädtschen	572
Dessau im Anthaltischen	116
Dijon in Frankreich	667 726 799 805
Dillingen in Deutschland	1262
Disentis in Bündten, der Rhein	3550
Döbeln in Sachsen	563
Dol in Frankreich	600
Domo d'Ossola in Piemont	942
Donauwerth in Schwaben	1053
Donaueschingen in Schwaben	2124
Dorf im Himalayagebirge, wo sich Doctor Gerard aufhielt	13789
Dortmund in Deutschland	440
Dresden in Sachsen	280
Duderstadt im Eichfeld	567
Dünkirchen in Frankreich	28
Durango in Neu-Spanien	6430
Düsseldorf in Deutschland	120
Ebersdorf in den reuss. Herrschaften	1590
Eckardsberge in Thüringen	676
Eger in Böhmen	1389
Einsiedeln in der Schweiz	2744 2938 2974
Eisenach in Thüringen	635
Eisenerz in Steiermark	2056 2083
Eisleben in der Grfsch. Mannsfeld	279
Elberfeld in Deutschland	425
Elbersweiler in Deutschland	927
Elbingerode im Harz	1398 1422
Ellrich im Klettenbergischen	822
Elmau im Innthale	2683
Elwangen, Schloß in Deutschland	1331
Enego in Oberitalien	2540
Engadin, das bei Sils	6300
Engelberg, Kloster i. d. Schweiz	3185
Engi in der Schweiz	2425
Enontekis in Lappland	1341
Entlibuch in der Schweiz	2256
Erfurt in Thüringen	594
Erival in Lothringen	1680
Erlangen in Baiern	997

Name des Ortes.	Höhe.	Name des Ortes.	Höhe.
Erosa im Seitenthal nach dem Schallfickthale in Bündten...	5487	Genf in der Schweiz..........	1155 1198
Esmeralda, die östlichste Niederlassung der Spanier auf Guiana.	1062	Gera in Sachsen................	703
		Geschienen am St. Gotthardsberge......	3282 3396
		Gibaldhausen in Eichsfeld......	480
Faidio im Livinerthale...........	2292	Gibraltar, Felsen in Spanien	1400
Falkenstein, Ruinen am Taunus	1470	St. Gilgen in Salzburg........	1687
Faucogny in Frankreich.........	1188	Gex am Fuße des Columbier in Jurages....................	1686
Favergne in Frankreich...........	726		
Feltre in Italien..................	971	Giesen in Ober-Hessen........	437
Fettan im untern Engadin.....	4696	Giornico im Livinerthale......	1098
Fiume in Dalmatien.............	22	Gittelde im Harz..............	610
Finstermünz in Tyrol...........	2808	Giromagny in Elsaß..........	1569
Flachau in Salzburg.............	2590	Giswigl in der Schweiz........	1440
Flinsberger Gesundbrunnen in Schlesien.....................	1548	Glarus in der Schweiz........	1491
Flitscher = Clause, Höhe des Schlosses im Friaul..........	2014	Glatz in Schlesien...........	867 907
Florenz in Italien................	225	Glurns in Tyrol................	2586
Foligno im Kirchenstaate........	559	Gmünd in Oesterreich..........	1114
Fontainebleau in Frankreich....	227	Gmunden in = ...	1566
Formazzo, ein Dorf in der südlichen Alpenkette.............	3888	Görlitz in der Lausitz.........	521
		Görz in Friaul................	264
Forst im Riesengebirge..........	3752	Gotthard, Hospiz	6440
		Goldenstein in Mähren........	1946
Frankenhausen im Schwarzburgischen........................	438	Göttingen in Hannover......	420 496 526
Frankfurt am Mayn.............	228		
= an der Oder..........	116	Goldeck in Salzburg..........	2200
Franzensbad in Böhmen........	1417	Golling in = ...	1386
Frauenberg in Hessen...........	1241		
Freiberg in Sachsen............	1093 1146	Goslar am Clausthor.....	751 822
Freiburg (in Breisgau)..........	862	Gotha in Thüringen.........	878 924
= in der Schweiz.......	812	Gottesberg in Schlesien.......	1729
Freisingen in Baiern.............	1096	Grandvaux in Frankreich.......	2646
Friedberg in Steiermark..........	1755	Greenwich in England, Observ.	100
Friedland in Schlesien...........	1502	Grenoble in Frankreich........	948
Friedrichsthal am Ufer der Elbe	3208	Gressonay im Lessathale.......	4044
Fuenta de la Cuchilla, die Festungswerke zur Vertheidigung von Carracas...................	2842	Grindelwaldthal in der Schweiz	5150
		Großarl in Salzburg.........	2655
		Groß-Schlagendorf in Ungarn	1997
Fuessen in Baiern...............	2455	Guacharo, die Pyramide von Neu-Andalusien..............	4920
Fulda am gleichnamigen Flusse	1838	la Guaria, Hafen in Venezuela	24
Gabel in Böhmen...............	755	Guanaxato in Neu-Spanien...	5574
Gadmen in der Schweiz.........	4146	Guarda im untern Engadin...	4924
Gais in der Schweiz............	2938	Guben in der Lausitz..........	529
St. Gallen........................	2086	Guttanen in der Schweiz......	3252
Gap im südöstlichen Frankreich	2184 2592	Guttenstein in Oesterreich.....	1404
Gastein, Wildbad in Salzburg	2939	Habelschwerd in Schlesien... ..	942
= Markt...................	2718	Hainchen im Erzgebirge.......	879
Geisbach in Salzburg...........	2852	Halberstadt in Nieder-Sachsen	825
Geismar in Nieder-Hessen.....	500		

Name des Ortes.	Höhe.
Hall in Tyrol	1774 1718
Halle in Preußen	574
Hallein in Salzburg	1346
Hallstadt in Oesterreich	1503
Hammelburg im Fuldischen	1155
Handeck in der Schweiz	4421
Hannover in Deutschland	243
Harcour in Frankreich	136
Harzburg, das Salzwerk Juliushalle	864
Hasligrund in der Schweiz	2030
Heidelberg in Thüringen	1161
„ in Baden	313
Heiligenblut in Kärnthen	4210
Helmstädt in Deutschland	429
Hempelsbaude in Schlesien	3839
Herrnkretscham in Böhmen	321
Herrnhut in der Ober-Lausitz	900 944
Herzberg in Sachsen	220
Hildburghausen in Ober-Sachsen	1069
Hildesheim in Nieder-Sachsen	148
Hinterrhein an den Quellen des Hinterrheins	4770
Hirschberg in Schlesien	1046 1092
Hisselau in Steiermark	1443
Hohenelbe in Böhmen	1488
Hochfilzen in Tyrol	2982
Höhlenstein in Tyrol	4461
Hohegeiß, Dorf im Stift Walkenried	1748 1914
Hohenberg in Oesterreich	1519
Hohenelb im Riesengebirge	1488
Hollenstein, Dorf in Oesterreich	1368
Holzmünden an der Weser	291
Honda in Neu-Granada	1068
Honfleur in Frankreich	228 250
Hospital, Dorf in Uri	4542
Hummelberg i. d. Schweiz, die Sil	2735
Hüttau in Salzburg	1975
Hüttschlag in „	2938
Jasmund auf der Insel Rügen	540
Jauer in Schlesien	665
Ibague in Neu-Granada	4218
Ibarra in Quito	7104
Idria in Krain	1448
Ilanz in Bündten	2177
St. Ildefonso in Spanien	3550
Ilefeld in Hohenstein	705 822 852

Name des Ortes.	Höhe.
Ilsenburg in Werningerode	732 758
Imelau in Salzburg	2812
Immenstadt in Rothenfels	2184
Innst in Tyrol	2527
Ingolstadt in Baiern	1016
Inspruck in Tyrol	1525 1645 1774
Joachimsthal in Böhmen	2286
St. Johann, Pongau in Salzburg	1839
Johann-Georgenstadt im Erzgebirge	2365
Joux-Läde in der Schweiz	3004 3030 3060
Jourthal in der Schweiz	3054
Irkutzk im asiatischen Rußland	1355
Ischel in Oesterreich	1433
Judenburg in Ober-Steyermark	2268
Ivrea in Piemont	757
Kalmanka in Rußland	364
Käsmark in Ungarn	1850
Kahlwang in Steiermark	2202
Kalionuskana	1104
Kandersteg im Canton Bern	4535
Karlsbad in Böhmen	1176
„ der Sprudel	1161
Karlsruhe in Baden	380
Kasan im asiat. Rußland	1580
Katharinenburg in Permien	1320
Kautakeino in Lappland	784
Kelbra im Schwarzburgischen	514
Kempten in Schwaben, an der Kirche	2061
Kiachta in Asien	2400
Klagenfurt in Kärnthen	1503 1554 1375
Koburg in Sachsen	876
Königsbrück in der Lausitz	468
Königsstein am Taunus, Schloß	1260
„ Städtchen	1070
Kollman in Tyrol	1616
Kolumansky in Sibirien	1392
Kommotau in Böhmen	953
Kopenhagen in Dänemark	82
Korgonskoy in Sibirien	1844
Kourinskaja in „	665
Krainburg in Krain	1178
Krakau an der Weichsel	669
Krasnojarskoi in Sibirien	684

Name des Ortes.	Höhe.
Kreutzburg in Eisenach	532
Kulm in Böhmen	691
Kupferberg in Schlesien	1330
Kupfersuhl im Thüringerwalde	880
Lamure im Depart. der Isere in Frankreich	2736
Lanark in Schottland	660
Landshut in Schlesien	1254
Langenfeld in Krain	1099
Langensalza in Thüringen	744
Langres in Frankreich	1368
Lanslebourg am Mont-Cenis	4139 4145 4247
Lasfelden bei Osterode	588
Lauban in der Lausitz	577
Laufen in Salzburg	1275
Lausanne im Waadtlande	1566
Lauscha im Koburgischen	1912
Lauterbrunnen in der Schweiz	2450
Lavaron in Tyrol	3786
Laybach in Krain	1268
Laybach, Ober-, in Krain	1137
Leipzig in Sachsen	316 321 336
Lend in Salzburg	1989
Leoben in Steiermark	1568
Leogang im Salzburgischen, Schmelzhütte	2715
Leukerbad in der Schweiz	4404
Leutmeritz in Böhmen	353
Lichtenstäg in der Schweiz	1979
Liebau in Schlesien	1493
Liebenstein, Badeort in Thüringen	1017
" altes Schloß eben da	1472
Liebwerda in Sachsen	1124
Liegnitz in Schlesien	365
Lietzen in Steiermark	1896
Lignieres in Neufchatel	2489
Lima in Peru, großer Platz	534
Lindau am Bodensee	1196
Linz in Oberöstreich	689
Locarno im Canton Tessin	708
Locle in Neufchatel	2830
Lodz, Dorf in Frankreich	1122
Löbau in der Lausitz	630
Löwen in Schlesien	480
Löwenberg in "	775
Lofer in Salzburg	1750
London in England	40
Lons le Saulnier in Frankreich	726
Lowositz in Böhmen	414
Loxa in Süd-Amerika	6036
Lucern in der Schweiz	1320
Lucsivna in Ungarn	2233
Luneville in Frankreich	651
Lunz unweit den Quellen der Ips	1926
Luxemburg in den Niederlanden	1142
Luz in Frankreich	2340
Lyon in Frankreich	228 538
Macaluba in Amerika	150
Maçon in Frankreich	462
Madrid in Spanien	1830 1842
Magdeburg an der Elbe	234
Mailand in der Lombardie	394
Malborghetto in Italien	2118
Malor in Kemtchong	1056
Mals in Tyrol	3105
Mannheim	258
Manten in Kärnthen	2120
Mantes in Frankreich am Ufer der Seine	75
la Marche am Mouzon in Lothringen	1056
Mariahilf in Baiern	2496
Maria-Münsterthal im Engadin	4077
Maria-Zell in Steiermark	2544
Marienbad in Böhmen	1863
Marienberg in Sachsen	1836
Marseille in Frankreich, Observatorium	144
Mataro in Spanien	192
Martinach in Wallis	1464 1480
Matrey in Tyrol	3201 3228
Maurice, ein Badeort in den Alpen	4200 4800
Mayen in der Schweiz	1480
Maypures am Orinoko in Guiana	558
Medveczka in Ungarn	2732
Meffersdorf in der Ober-Lausitz	1336
Mehlin in Thüringen	1373
Meinungen in Henneberg	831
Meißen in Sachsen	258
Melnischkoi in Rußland	997
Melnitschaya in Sibirien	1188
Melun in Frankreich	216
Memmingen in Baiern	1884
Meran in Tyrol	896
Metz in Frankreich	452

Name des Ortes.	Höhe.
Meyringen i. d. Schweiz, Spiegel der Aar	1852
Mexico in Amerika	7088
Mezieres in Frankreich	775
Mine de la Melado in Mexico	7026
St. Michael in Salzburg	3117
Micuipampa in Peru	10950
Mielly in Frankreich	1230
Minkrdorf in Ungarn	2382
Mittersil in Salzburg	2381
Modane in Sovoyen	3258
Modena in Italien	201
Mompax in Neu-Granada	396
Monaco in Italien	1658
Montauban in Frankreich	582
Montd'or les Baines in Frankreich	3044
Mont-Joie, ein Alpenthal	2862
Montlion in Frankreich	2961
Montmellan in Savoyen	834
Morat od. Murten i. d. Schweiz	1144
Morges oder Morsee in der Schweiz	1134
Morlac in Frankreich	732
Moskwa in Rußland	1614
Mortier-Travers in Neufchatel	2262 / 2220
Moudon od. Milden im Waadt	1554
Mouniska in Lappland	700
München in Baiern	1658 / 1410 / 1553 / 1622
Münster in den Vogesen	1188
" in dem Walliserlande	4440
Mürzzuschlag in Steiermark	2090
Murcia in Spanien	462
Muska in der Lausitz	292 / 301
Nako, Dorf im Himalayagebirge	11068
Nancy in Frankreich	608
Nantes in "	75
Nantua in "	2573
Narbonne in "	204
Naumburg im Fürstenthume Jauer	514 / 541
Nauders in Tyrol	3908
Neapel in Italien	26
Neiße in Schlesien	592
Neuburg an der Mürz	2204
Neudorf in Böhmen	1108
Neufchatel in der Schweiz	1296 / 1350
Neukirchen in Salzburg, Pinzgau	2555
Neumarkt in Salzburg	1875
" " Tyrol	818
" " Ungarn	1735
Neunkirchen in Oesterreich	1062
Neustadt unterm Hohenstein	828
Neu-Valencia in Amerika	1404
Nieder-Nowgorod in Rußland	1068
Nicolajevskoy in Sibirien	884
Nion im Waadt	1146
Nizza in Italien	27
Nocera im Kirchenstaate	1448
Noir Table in Frankreich	1467
Nonnenmatterweiher in Baden	2826
Nordhausen in Niedersachsen	527
Nordheim in Sachsen	351 / 391
la Novalese in Piemont	2474
Nürnberg in Baiern	945
Oberbrückenberg in Schlesien	2293
Oberhof in Gotha	2351
Oderbrück, Wirthshaus im Harz	2408
Orange in Frankreich	196
Orleans in "	360
Orsieres am Wege auf den Bernhard	2664
Osnabrück in Deutschland	197
Osterode im Harz	627 / 708
Pachuca in Neu-Spanien	7637
Padua in Italien	32
Pampamarca in Quito	12672
Pampluna in Amerika	7135
Pantenbrücke im Canton Glarus	3012
Paredones, Los, in Quito	12444
Paris, mittler Stand der Seine	104 / 126
" Observatorium	224
" Plattform	262
Parma in Italien	288
Parpan in Graubündten	4375
Passau in Baiern	789
Pasto in Neu-Granada	8052
Patermion in Italien	1481
Payerne im Waadtlande	1383 / 1374
Pazcuato in Neu-Spanien	6780
Perotte in "	7241
Perpignan in Frankreich	222
Pest in Ungarn	216
Petersburg in Rußland	106
Peterinsel, die, im Bielersee	1424

Name des Ortes.	Höhe.
Peterswald in Böhmen	1687
Petit St. Jean in Frankreich	729
Pfeffersbad, das, in der Schweiz	2110
Piacenza in Italien	247
Plan, Wirthshaus in Tyrol	4872
Pisa in Italien	51
Planina in Krain	1412
Plauen in Sachsen	1048
Plessur in Graubündten	4674
Plombieres in Frankreich	1368
Poligny in „	918
Pontarlier in „	2496 2551
Ponteba im Venetianischen	1757
Pont de Bonvoisin im Depart. Montblanc	708
Pont de Lucey in Frankreich	894
Popayan in Süd-Amerika	5406
Porentruy am Ufer	1188
Prag in Böhmen	552
Predazzo in Tyrol	3198
Preßburg in Ungarn	312
Prewald in Krain	1704
Prieure im Chamounythale	3144
Primolano an der Brenta	728
Puebla de los Angelos in Neu-Spanien	6756
Quaxuato in Neu-Spanien	6415
Queretaro in „	5970 6415
Quikoch in Lappland	1010
Quito in Süd-Amerika	9036
Raab in Ungarn	256
Radstadt in Salzburg	2037
Ramasse, la, am Mont-Cenis	5980
Rattendorf in Kärnthen	1836
Rauris in Salzburg	2811
Rayas, Mina de, in Neu-Spanien	6696
Realp am St. Gotthardsberge	4733
Regensburg an der Donau	1116
Reichenau in Graubündten	1815
Reichenberg in Böhmen	1002
Reichenfels in Kärnthen	1967
Reichenhall in Baiern	1915
Reinerzerbad in der Grafschaft Glatz	1678
Remiremont in Frankreich	1218
Reutlingen in Deutschland	1142
Rochelle in Frankreich	51
Rochejeane im Jura	2700
Rom, Monte Capitolino auf der Westseite vom tarpejischen Felsen 110′ über der Tiber	142
Rougemont, ein Schloß im Waadt	3036
Rudolstadt im Schwarzburgischen	622
Saalfelden in Salzburg	2022
Saarbrücke in Rheinpreußen	575
Saarburg in „	714
Saarlouis in „	524
Saatz in Böhmen	727
Sachsa, Dorf im Klettenburgischen	942
Sagan in Schlesien	350 410
Saggaträsk in Lulea-Lappmark	1060
Salamanca in Neu-Spanien	5412
Salenche in Savoyen	1674
Salins in Frankreich	954
Salzburg die Stadt	1241 1261 1303 1380
Salzufeln in Deutschland	254
St. Amarin in den Vogesen	1074
„ Anna in Oesterreich	2542
„ „ „ Krain	2843
„ Antonio de Lulumbamba unterm Aequator	7650
„ Bartholomäi in Baiern	2075
„ Branchier zwischen Martinach und dem Bernhardsberg	2268
„ Carlos del Rio Negro in Guyana	762
„ Cloud in Frankreich	452
„ Crux in Cumana	960
„ Diez in den Vogesen	1032
„ Fe de Bogota in Neu-Granada	8082
„ Fernando in Amerika	1796
„ Franz, ein Schlößchen in Salzburg	2122
„ Gallen in der Schweiz	2086
„ Gertraud in Kärnthen	937
„ Ginesio in der Lombardie	2663
„ Germain le Val in Frankreich	1260
„ Juan del Rivo in Amerika	6090
„ „ in Amerika	1164
„ Johann in Salzburg	1839
„ Jago in Chili	2458
„ Leonhard in Kärnthen	1611
„ „ „ Tyrol	2134
„ Margarethen in Salzburg	3178

Name des Ortes.	Höhe.
St. Marcello im Modenesischen	1875
= Marcello in Toscana	
= Maria aux Mines in den	1194
Vogesen	7236
= Martin in Amerika	1674
= Maurice an der Mosel	1874
= Michael im Schwarzwalde	802
= = in Salzburg	3117
= Paul im Depart. der Unter-Alpen	4476
= = im Modenenesischen	2191
= Pierre zwischen Martinach und dem Bernh.	5004 5124
= Saphorin im Waadt	624
= Ursan in Frankreich	1326
= Venantio im Modenesischen	953
Santa in Peru	276
Sapada oder Platen im Venetianischen	3749
Sault im Dept. der Vaucluse	2358
Schafhausen in der Schweiz	1208
Schemnitz in Ungarn	2172
Schierke in Werningerode	1758
Schils in Graubündten	3566
Schio in Italien, der Hauptplatz	660
Schlagendorfer Sauerbrunnen in Ungarn	3014
Schmalkalden in Henneberg	800
Schmiedeberg in Schlesien	1388
Schneeberg in Sachsen	1464
Schönau in Schlesien	846
Schönberg in der Lausitz	1502
Schottwien in Oesterreich	1788
Schreibershau in Schlesien	1908
Schwaden im Canton Glarus	1623
Schwamberg in Steiermark	729
Schwanden in der Schweiz	1623
Schwarzenberg in Deutschland	1335
Schwatz in Tyrol	1630 1705
Schweidnitz in Schlesien	778
Schwesterborn im Kanton Schwyz	4404
Schwyth in der Schweiz	1677
Seeberg bei Gotha	720
Seesen in Wolfenbüttel	584 636
Sempach in der Schweiz	1590
Serres im Depart. der Ober-Alpen	1890
Sévers in Frankreich	204
Sigmaringen in Deutschland	1795
Silberberg in Schlesien im untern Theile	1344 1375
= im Schloßhof	2070
Simmern in Rheinpreußen	997
Simplon, Dorf	4536 4554
Sitten in Wallis	1746
Soisson in Frankreich	426
Solothurn in der Schweiz	1284
Someo im Maggiathale	1224
Sonnenberg im Meinungischen	1197
Sonthofen in Baiern	2444
Sorjäsjaur in Lulea-Lappmark	2572
Spandau in Preußen	99
Spiegelbauden in den Sudeten	4086
Spital, ein Stift am Pirn in Oesterreich	1518
Stavnizca, ein Thal in Ungarn	4897
Steinach in Tyrol	3920
Steinen in Schwyz	1384
Sterzing in Tyrol	2920
Stellberg in Ober-Sachsen, die Stadt	918
= das Schloß	1086
Stixenstein in Unter-Oesterreich	1279
Straßburg in Elsaß, am Fuße des Thurmes	474
Stockholm in Schweden	300
Stuttgart in Würtemberg	837
Sulz in Ober-Elsaß	840
Tambores in Neu-Granada	10362
Tamsweg in Salzburg	3022
Tarbes in Frankreich	984
Tarvis in Kärnthen	2301
Tasko in Neu-Spanien	5495
Taurominium in Sicilien	688
Tawetsch in Graubündten, der Rhein	4375
Taxenbach in Salzburg	2145
Tegernsee in Baiern	2254 2324
Teisendorf in =	1530
Tepl, Stift in Böhmen	1968
Tetschen in Böhmen	321
Thann in Ober-Elsaß	1026
Thiers im Departement Puy de Dome	1152
Thionville in Frankreich	484
Thun in Bern	1788
Thunersee in Bern	1780 1787
Titmoning in Baiern	1042
Tivoli im Kirchenstaate, Tempel der Vesta	595
Toblack in Tyrol	3902
Töplitz in Böhmen	700
Toledo in Italien	1734
Toluca in Neu-Spanien	8268

Name des Ortes.	Höhe.	Name des Ortes.	Höhe
Torneaträsk in Lappland	1200	Waging in Salzburg	1356
Toul in Frankreich	495	Wagram in =	2380
Toulouse in =	446	Waidhofen in Oesterreich	1000
Tour d'Auvergne am westlichen Fuße des M. d' Or.	2741 2835	Walkenried in Ober-Sachsen	2230
Trachsellavinen in der Schweiz	3750	Wallenburg im Canton Basel	1299
Trient in Tyrol	754	Wallenstadt in der Schweiz	900
Trier in Rheinpreußen	385	Wartburg, die, bei Eisenach	1118
Triest in Italien	493	Wasen am St. Gotthardsberge	2850 2847
Trons in der Schweiz	2654	Wasserburg in Baiern	1241 1264
Trstena in Ungarn	1819	Weida im Stifte Walkenried	1080
Tübingen in Würtemberg	1194	Weimar in Ober-Sachsen	650
Truxillo in Peru	198	Weißbad in der Schweiz	2542
Turin in Piemont	678 738 882	Weißtannen, Flecken in Glarus	3079
Tuttlingen in Schwaben	2033	Werfen in Salzburg	1639
Tyrol, das Schloß bei Meran	2060	Werningerode die Stadt	744
Udine in Italien	427	= der Schloßberg	1110
Ulm in Schwaben	1138	Wetzlar, Spiegel der Lahn	390
Unken in Salzburg	1990	Wichodna in Ungarn	2319
Untertauern =	2838	Wien, das Pflaster von St. Stephan	495
Urnäschen in der Schweiz	2553	Willamston in Nord-Amerika	1668
Urseren an der Matt am Gotthard	4435	Wittenberg in Sachsen	137
= das Hospital in Uri	4542 4556	Wolfsberg in Kärnthen	1478
Valenciana, Mina de, in Neu-Spanien, Eingang der Stollen	7164	Wörgl in Tyrol	1831
Valladolid in Neu-Spanien	6006	Wolkenstein, die Ruinen in Steiermark	2202
Valorbe im Waadt	2280 2262	Wünschelburg in Schlesien	1492
Valorsine, das Pfarrhaus	2258	Würzburg	525
Val-Ombrosa in Toscana	3063	Xaluppa in Amerika	4068
Vaux in Frankreich	2724	Yverdon in der Schweiz	1287 1320
Veran, Dorf im Depart. der Ober-Alpen	6282	Zell in Tyrol	1615
Verdun in Frankreich	528	Zell am See, in Salzburg	2380
Verona in Italien	157	Zella in Thüringen	1420
Versoythal, das, bei Chapin	4668	Zernetz im untern Engadin, die Innbrücke	4261
Villach in Kärnthen	1442	Zinuskel im oberen Engadin	4688
Villa de Cura in Süd-Amerika	1596	Zittau in der Lausitz	664
Villeta in Neu-Granada	3342	Zschoppau in Ober-Sachsen	961
Vittoria, la, in Süd-Amerika	1614	Zürich in der Schweiz	1251
Waldenburg in Sachsen	1359	Zumdorf am St. Gotthardsberge	4627
		Zweisimmen in der Schweiz	2832 3898

Flüsse und Seen.

Name des Ortes.	Höhe.
Aar bei Grimsel, Hospiz	5778
„ „ Stockboden	5186
„ „ Handeck	4421
„ „ Meyringen	1852
„ unter Bern	1476
„ bei Bern	1548
„ „ Solothurn	1310
Achensee in Tyrol	2849 / 2919
Aller bei Gifthorn	203
Allier, Quelle	4383
Amazonenfluß, Rentema gegenüber	1164
Atve, Ursprung	3433
Baikalsee	1715
Bober bei Landshut	1234
„ „ Rudelsstadt	1184
„ „ Hirschberg	994
„ „ Löwenberg	775
„ „ Bunzlau	737
„ „ Sagan	309
Bodensee	1089
Brennersee	4126
Brientsee am Jura	3060
Bruchelsee	3687
Cenissee (am Mt. Cenis)	5890
Chairkunim (Quelle in Sibirien)	4717
Donau bei Ulm	1138
„ „ Donauwerth	1053
„ „ Ingolstadt	1000
„ „ Regensburg	972
„ „ Passau	789
„ „ Linz	689
„ „ Wien	480
„ „ Preßburg	310
„ „ Raab	256
„ „ Pest	215
Doubs, Quelle bei Mouthe	2856
Drau, Ursprung in Tyrol	3680
Echatz, Ursprung	1790
Eder, Quelle	1877
Eger, wo sie in die Elbe fällt	338
„ bei Mühlbach	1414
Eichensee im Schwarzwalde	1467
Elbe bei Herrenkrätscham	298
„ „ Rosawitz	342
„ „ Aussig	372
„ „ Lauba	387

Name des Ortes	Höhe.
Elbe bei Leitmeritz	405
„ „ Schönpriesen	359
„ „ Tetschen	338
„ „ Wittenberg	204
Ems bei Rheina	89
Enaresee in Lappland	400
Feldbergsee	3417
Fresmillo, Quelle	3336
Fünfseen in den Karpathen	6124
Fundensee in Salzburg	4100
Fuschelsee	1967
Ganges, Quelle	12141
Gardon „	2877
Glaubesee	5492
Genfersee	1126
Giri, Ursprung	6944
Gmundnersee	1566
Gosausee in Oesterreich	3474
Grundlsee	2031
Hallstädtersee	1464
Ilse bei Hornburg	388
Irtisch, fünf Werste ober seiner Mündung in die Smol bei Smollanka	724
„ bei Tara	386
„ „ Gonby	261
Katzbach, Ursprung	1388
„ bei Schönau	846
„ „ Goldberg	631
„ „ Liegnitz	365
„ „ Parchwitz	270
Katzensee in der Schweiz	1340
Korgan, Mündung	2274
Khair-Kounim (Sibirien) Ursprung	4717
„ bei Tchibiten	3150
„ „ Tcharych	2975
„ beim Zusammenflusse mit dem Korgon	2219
Königssee in Baiern	2075
Lachersee	850
Lago di Como	655
„ „ Lugano	876
„ „ Maggiore	642
„ „ Varese	798
Langsee in Salzburg	7029

Name des Ortes.	Höhe.	Name des Ortes.	Höhe.
Lauzonsee	6372	Oberalpsee in der Schweiz	6224
Lahn, Quelle	1720	Oberblegisee in der Schweiz	4420
Lahn bei Marburg	666	Obersee in Salzburg	2986
= = Gießen	487	Ocker bei Wolfenbüttel	306
= = Wetzlar	390	Oder bei Kosel	510
Lauerzersee	1382	= = Brügg	449
Lechariasee	7242	= = Ohlau	392
Leine, bei Hannover	243	= = Glogau	212
Leopoldsteinersee in Steiermark	1860	= = Neusalz	190
Lieou, See	6196	Ohlau, Ursprung bei Neualtmannsdorf	904
Loire, Quelle	1555	= bei Münsterberg	622
= bei Chamalives	4312	= = Strehlen	472
= = Peyredeyre	1589	= = Ohlau	392
Lomisauersee	2123	= = Breslau	367
Loue, Ursprung	1634	Oignon, Ursprung	2136
Lubst, =	578	Om bei Kainsk	484
Luzernersee	1314	Oncet, See in den Pyrenäen	7122
	1320	Orb, Ursprung	3710
	1350	Our, Quelle	2710
	1392		
Mattsee in Salzburg	1779	Paber, Ursprung	12145
Moldau bei Friedberg	1800	Pallajörn, See in Lappland	1004
= = Budweis	1145	Pavensee	3702
= = Prag	480	Pfinz, Ursprung	1145
Mont perdu, See	7882	Piave =	3978
Mosel, Quelle	2232	= Mündung in die Boita	1827
= bei Vagney	1260	Pilatussee in der Schweiz	5625
= = Epinal	978	Po, Ursprung	6008
= = Thionville	484	Porce, =	8658
= = Oberbillig	381	Prebersee in Salzburg	4594
= = Trier	385		
Mummelsee	3186	Quadalquivir bei Mengibar	542
Murtnersee	1320		
		Rhein, Ursprung	4770
Neiße, Ursprung	2708	= bei Tawesch	4375
= bei Schreibersdorf	1476	= = Surrim	2774
= = Habelschwerdt	1017	= = Dissentis	3557
= = Glatz	847	= = Trons	2654
= = Wartha	745	= = Reichenau	1850
= = Camenz	683	= = Königsberg	1666
= = Neiße	592	= = Ragaz	1545
= = Löwen	480	= = Schönberger Höhe	1453
= = Schurgast	440	= = Gams	1413
= = Muskau	275	= = Schafhausen	1208
Neckar bei Tübingen	989	= = Köln	130
= = Eberbach	393	= = Bonn	128
Neufchatelersee	1285	= = Düsseldorf	120
	1314	Rhone, Ursprung	5130
	1320	= bei Oberwald	4370
Newa bei Petersburg	106	= unter Brieg in Wallis	2064
Nil, Quelle	9912	= bei Martigny	1374
		= ſ. St. Maurice	1272
Ob bei Doubrovini	189	= Austritt aus dem Lehman	1160

Name des Ortes.	Höhe.	Name des Ortes.	Höhe.
Rhön bei Steinwand	2025	Tegernsee	2304
„ „ Stapelsberg	1688	Tepel bei Karlsbad	1109
Rienz, Ursprung	4871	Thunersee	1780
Ruhr bei Arnsberg	560	Tiber bei Rom	32
Rotom, See	5038	Tjitarum, Ursprung	4359
Rotorn, „	5607	Todtensee auf dem Grimsel	6630
		Traun	6720
Saar bei Saarbrück	575	Treun, Ursprung	1464
„ „ Saarburg	714	Trübsee	1464
Saone, Ursprung	1240		
„ bei Biomenil	1218	Vaslinjaursee in Lappland	1700
„ „ Darney	756	Vaucluse, Quelle	336
„ „ Jussy	714	Virithjaursee in Lappland	1788
„ „ Gray	624	Vierwaldstädtersee	1320
„ Mündung bei Lyon	490		
Salzach, Quelle	4439	Waag bei Hradeck	1848
Sau, Ursprung bei Wurzen	2485	„ „ St. Nicolai	1697
Schluchsee im Schwarzwalde	2287	„ „ Rosenberg	1357
Schrott, Ursprung	485	„ „ Lubochna	1289
Seealpsee in der Schweiz	2052	Wallenstädtersee	1356
Seine, Ursprung	1338	Wallersee in Baiern	2522
„ bei Paris	104	Wedde bei Immenrode	571
	126	Weser bei Holzminden	273
Sempachersee	1585	„ „ Karlshafen	291
Semtisersee in Appenzell	3790	„ „ Minden	88
Sieg, Quelle	1762	Wildersee	2843
Sill bei Himmelburg	2735	Wirijaursee	1788
Siller bei Weißbad	2542	Wolga bei Kasan	880
Sipon, Quelle Yasu	14898	Wuttach bei Stühlingen	1385
Spree bei Spandau	99		
		Zellersee in Salzburg	2380
Tagliamento, Ursprung	4142	Zürchersee	1226
Tartassa bei Spaskoe	461	Zugersee	1303

Höhenmessung, thermometrische. Bekanntlich hängt der Punkt, bei welchem das Wasser zu sieden anfängt mit dem Barometerstande aufs engste zusammen (S. d. Art. Dampf). Je niedriger das Barometer steht, bei einem um so niedrigern Temperaturgrade siedet das Wasser. Je höher daher ein Berg ist, bei einem um so geringeren Temperaturgrade wird das Wasser sieden, und da nun durch ein in das siedende Wasser eingetauchtes Thermometer die Temperatur desselben angegeben wird, so wird man auch aus den Anzeigen des Thermometers auf die Höhe des Berges u. s. w. schließen können. Vergl. d. Art. Thermometer.

Höhlen sind im Innern der Erde (der Berge) befindliche Räume, welche zum Theil vom Wasser ausgespült sein mögen, zum Theil offenbar vulkanischen Ursprungs sind, d. h. durch Erdrevolutionen, ähnlich denen der Eruptionen der Vulkane oder den Erdbränden, entstanden sind. Das Innere der Höhlen zeichnet sich theils durch höchst merkwürdige Tropfsteinbildungen, theils durch Versteinerungen, durch Knochenansammlungen, theils durch Eisbildungen, theils durch eigenthümliche Dünste, durch Luftströmungen besonderer Art, durch merkwürdige Temperaturverhältnisse aus. Man spricht daher von Dampf- oder Dunsthöhlen, Wasserhöhlen, Knochenhöhlen, Tropfsteinhöhlen, Eishöhlen, Temperaturhöhlen und Windhöhlen. Doch sind diese Bezeichnungen nicht in einander ausschließender Bedeutung zu nehmen. Dieselbe Höhle kann zugleich Wasserhöhle u. Knochenhöhle u. s. f. sein. Wir kennen bereits eine sehr große Anzahl von Höhlen, doch gibt es deren gewiß selbst in der geringen Tiefe, bis zu welcher wir in den Erdkörper einzudringen vermögen, noch eine sehr große Anzahl uns bis jetzt noch unbekannter. Auch tiefer im Innern der Erde dürfen wir sehr große Höhlen annehmen, wie dieses Parrot aus der ungleichen Schwere*) an verschiedenen Orten der Erde dargethan hat. Auch das Einsinken weiter Landstrecken deutet auf das Vorhandensein ausgedehnter Höhlen im Innern der Erde. Die uns bekannten Höhlen haben zum Theil eine sehr bedeutende Ausdehnung. Muncke bemerkt indeß: wenn wir die Größe der Erde berücksichtigen, so würde die geräumigste Höhle, den Inhalt derselben zu $\frac{1}{2}$ Cubikmeile angenommen, noch nicht ein 5000 Milliontheil des Erdballes ausmachen.

Der Tropfstein, welcher sich in vielen Höhlen findet, ist ein Product des Wassers, welches durch die Decken vieler Höhlen hindurchtröpfelt. Dasselbe löst, vermöge der in ihm enthaltenen Kohlensäure etwas Kalkerde auf. Bei dem Verdunsten dieses Wassers entsteht ein Niederschlag, welcher an sich zwar sehr unbedeutend ist, aber im Laufe der Jahrhunderte doch vom Boden der Höhlen Säulen erwachsen macht, und diesen entgegen von der Decke Zapfen und Säulenstücke bildet, welche endlich mit jenen sich vereinigen. Ist das Wasser durch

*) S. d. Art. Schwere.

irgend ein Pigment, welches es in der Decke des Gewölbes beim Hindurchsickern aufgenommen, gefärbt, so trägt sich diese Farbe auch auf die Tropfsteingebilde über und es gibt daher sehr mannigfach gefärbte Tropfsteinbildungen. Marmorirte Tropfsteingebilde erhält man natürlich dann, wenn das Wasser zu verschiedenen Zeiten mit verschiedenen Stoffen gefärbt ist.

Im Folgenden werde ich die Namen der merkwürdigsten Höhlen, nur bei einigen aber die nähere Beschreibung mittheilen, weil sich die zu beschreibenden Einzelheiten zu oft wiederholen müßten. Die Baumannshöhle liegt im Königreich Hannover, auf der Nordseite der warmen Bode im Nebelholzberge, eine kleine Meile von Quedlinburg. Sie hat ihren Namen von einem Bergmanne Baumann erhalten, der sie zuerst im J. 1670 befahren hat, in der Absicht, Erze in ihr aufzusuchen. Als er zurückkehren wollte, konnte er, zumal da auch sein Grubenlicht ausgelöscht war, den Ausgang nicht wieder finden. Erst am dritten Tage gelang ihm dieß, aber er starb bald darauf an den Folgen des während dieser Zeit erlittenen Hungers und der empfundenen Todesangst. Seiner Aussage vertrauend, daß die Höhle sehenswerthe Seltenheiten enthalte, wagten sich nun mehre Personen hinein und die schwierigsten Stellen wurden bald zum Besten der Besucher weniger gefahrlos gemacht. Gegenwärtig ist ein besonderer Führer in dem nächsten Orte Rübeland vorhanden, der die Reisenden mit den nöthigen Bergmannskleidern und Grubenlichtern versieht. Kurz vor der Eröffnung der jetzt verschlossenen Thür, wo man sich schon in einer Art von gewölbter Vorhalle unter dem Felsen selbst befindet, hält der Führer eine gereimte Standrede, worin er im Voraus die Aufmerksamkeit und Neugierde der Reisenden zu spannen sucht und sie vor Unbedachtsamkeit warnt, um nicht von schlüpfrigen Rändern in die Abgründe der Höhle hinabzustürzen.

Der Eingang selbst ist schmal und ein wenig beschwerlich. Man muß zuweilen auf allen Vieren kriechen, um nicht an den scharfen Spitzen der Felsendecke anzustoßen. Das Innere besteht aus sechs von einander abgesonderten Abtheilungen. In der ersten, der geräumigsten klingt der felsige Boden an gewissen Stellen hohl, an andern findet man Oeffnungen von tiefer befindlichen Schlünden. Tropfstein zeigt sich, wie in so vielen andern Höhlen, auch hier in den mannigfaltigsten und überraschendsten Gebilden. Sie führen von Alters her ihre Namen von gewissen Gegenständen, mit welchen sie Aehnlichkeit haben, obschon nicht zu leugnen ist, daß zur Auffindung der letztern bei vielen ein hoher Grad von Einbildungskraft vonnöthen ist. So zeigt man z. B. eine knieende Nonne mit gefaltenen Händen und einen Weihkessel. Auch einen kleinen Brunnen von 2 Fuß Tiefe hat der Tropfstein gebildet, der immer ein wohlschmeckendes Wasser enthält. Zur zweiten Abtheilung gelangt man über das sogenannte Roß, einen großen von der obern Felsmasse abgelösten Block. Hier findet man einen Mönch, ein kleines Schloß, eine Orgel mit drei Reihen Pfeifen übereinander, die nach beiden Seiten hin ziemlich regelmäßig an Größe abnehmen. Unter dieser zweiten Abtheilung sind tief hinabgehende Höh-

lungen, welche aber in der Regel nicht befahren werden, daher der Reisende hier gewarnt wird, den Klüften nicht nahe zu treten. Die vormals hier gefundenen, mit Tropfstein überzogenen Knochen und Zähne sind vermuthlich Ueberreste von Raubthieren früherer Zeiten gewesen, die die Höhle zu ihrem Aufenthalte gewählt haben; denn die letzten Bären, Luchse und Wölfe sind erst im Anfange des 18ten Jahrhunderts auf dem Harze ausgerottet worden. — In der dritten Kammer, zu welcher man über herabgestürzte Marmormassen kletternd und einige Leitern hinaufsteigend gelangt, wird auf eine große Orgel mit vier Reihen hohlen Pfeifen, ein Schloß, einen Leichenstein, einen Todtenkopf, eine Menschenhand und einen Taufstein, an welchem sogar die umstehenden Taufpathen nicht fehlen, aufmerksam gemacht. — Die vierte Abtheilung ist durchgängig mit Felsentrümmern angefüllt. An Tropfsteingebilden findet sich hier eine Reiterfahne (Standarte), eine Hirschfängerscheide, Pistolenhalfter und ein paar Pauken; ferner ein Kalbsgekröse, Pferdeohren, eine Sirene und eine klingende Säule. Diese ist unstreitig das merkwürdigste Stück der ganzen Baumannshöhle. „Mich durchdrang ein heiliger Schauer," sagt ein Reisender — „da ich, aufgefordert vom Führer mit einem Steinchen dagegen schlug und unerwartet den Klang einer großen Glocke durch das ganze hehre unterirdische Gewölbe ertönen und wiederhallen hörte. Man glaubt in der grausenvollen Einsamkeit dieser majestätischen Gewölbe und Felsenklüfte der Unterwelt, von allem dem ganz abgesondert zu sein, was man auf der Oberwelt täglich um sich hatte; man ist es auch wirklich, denn wir hatten selbst von von den starken Donnerschlägen des Gewitters nichts vernommen, das während unserer Abwesenheit in diesen Gewölben die Lüfte über uns erfüllt hatte. Fürchterlich schön war daher für jede lebhafte Einbildungskraft die Ueberraschung, wenn man in dieser Abgeschiedenheit von der Oberwelt urplötzlich und ganz unvorbereitet das dumpfe Hallen einer durchdringenden Sterbeglocke zu hören wähnte." — In der fünften Kammer, deren Boden ein Theil von der Decke der sechsten ist, findet man den auf vier Säulen ruhenden Oelberg, den Backofen, die Stadt, die Kanzel, das Positiv, die Eule und zwei kleine Thürme. — Um in die sechste Kammer zu gelangen, muß man aus der fünften wieder in die vierte zurück. Ihr Boden ist mit zahllosen Bruchstücken bedeckt; von Tropfsteingebilden ist jedoch nichts hier vorhanden. Jene sind auf einen Fuß hoch, mit einem fettigen schwarzen Schlamm bedeckt, der vermuthlich von früheren Erdschichten herrührt, die die obern Klüfte des Felsen ausgefüllt haben.

Die Bielshöhle oder Bielsteinhöhle, auch am Harze in Hannover, ist erst seit 1762 bei einem Waldbrande auf dem Bielberge entdeckt worden. Sie besteht aus 12 Abtheilungen, und ist noch größer als die Baumannshöhle, mit der sie übrigens viele Aehnlichkeiten hat. Man hat auch hier, wie in der Baumannshöhle den einzelnen, besonders auffallenden Tropfsteingebilden besondere Namen ertheilt; es findet sich z. B. eine Ehrenpforte, ein Thor, Säulen mit Weintrauben, eine betende Nonne, eine klingende Säule u. s. w. Das Orgelwerk in der 8ten Kammer besteht aus einer Reihe von Pfeifen, von denen einige

beim Anschlagen einen Klang von sich geben, und 13 durchscheinend sind. Es lassen sich aus den klingenden Pfeifen sogar einige Accorde zusammensetzen. Auf dem Boden mehrer Kammern finden sich Wasserbehälter; das Grundwasser der 5ten Höhle ist der tiefste Punkt der ganzen Höhle und liegt 105 F. tiefer als der Boden des Einganges. Besonders merkwürdig ist noch in der 9ten Kammer das sogenannte wellenschlagende Meer. So heißt nämlich ein Theil des Bodens, der eine Menge größere und kleinere Becken von Tropfstein zeigt, welche ganz eigene Einfassungen wie Wälle haben und im Ganzen ein Bild von erstarrten Meereswogen geben. Oben bilden alle eine völlig wagrechte Linie, als wären sie künstlich mit einem Hobel abgeschnitten und geebnet. Hinter den verschiedenen, gewöhnlich 14 Zoll von einander entfernten Hauptwellen sind unregelmäßige dreieckige Vertiefungen. Bei nasser Witterung füllen sich zuerst die höher gelegenen mit Wasser und fließen endlich bei anhaltendem Zuflusse von Tagwasser über. Indem sich nun das Wasser aus den höheren Becken in die niedrigern herabzieht und den oberen Rand der Wellen benetzt, setzt es daselbst seine Kalktheile ab, und so wird der Rand durch Tropfstein immer höher. Nach der Beschreibung eines Reisenden, wird man sich im Ganzen dieses wellenförmige Meer am richtigsten und deutlichsten vorstellen, wenn man sich ein Wasser denkt, das plötzlich von einem Berge hinabgegossen, eine Menge kleiner Wasserfälle bildet, die so im Augenblicke zu Eis werden, daß das Wasser da, wo es am erhabensten ist, gleich kleinen Wellen sich fixirt, das zwischen ihm befindliche Wasser hingegen versiegt. — Die Schwarzfelder Höhle, ebenfalls im Harze, war ehemals wegen der vielen in ihr gefundenen fossilen Thierknochen berühmt, und heißt auch das Einhornloch, weil sich in ihr Knochen gefunden haben, die einem Thiere anzugehören scheinen, das mitten auf der Stirn ein Horn gehabt hat; nach Einigen ein Nashorn. — Die Klutert-Höhle in der Grafschaft Mark, zeichnet sich dadurch aus, daß man in ihr das ferne Rauschen eines Wasserfalles vernimmt. — Die Sundwich- oder Prinzenhöhle ebendaselbst, enthält Tropfsteingebilde und Petrefacten (Versteinerungen). Man hat in ihr auch eine zum Blasen eingerichtete Muschel gefunden, von der Art, deren sich die Maron-Neger als Kriegstrompeten bedienen. Sie ist durchbort, um an einen Bande getragen zu werden, woraus man sieht, daß sie früher von Menschen getragen worden. Den Namen Prinzenhöhle hat die Höhle von einem Besuche des Kronprinzen von Preußen. — Die Höhle bei Glücksbrunn in der Nähe von Meiningen, auch die Liebensteiner oder Altensteiner Höhle genannt, wurde 1799 entdeckt und besteht aus mehren hohen und weiten Gewölben; hat keine Tropfsteine. Durch eines der Gewölbe schlängelt sich ein Bach und bildet einen Teich in demselben. — Die Höhle bei Mechau in einer rauhen Gegend zwischen Neustadt und Putzig in Preußen befindet sich in einem aufgeschwemmten Lande, während die meisten andern Höhlen mit Tropfsteingebilden in Flötzgebirgen vorkommen. — Die Höhlen bei Muggendorf im Baireuthischen, zeichnen sich durch die vielen in ihnen enthaltenen Ueberreste urweltlicher Thiere

aus. Am merkwürdigsten ist die Gailenreuther Höhle. In ihr befindet sich außer einer Menge von Tropfsteingebilden eine Unmasse versteinerter Knochen. Diese bilden über einander gelagert den Boden. Die ganze Höhle besteht aus 6 Abtheilungen. Schon in der zweiten, die 130 F. lang, 18 hoch und 40 breit ist, zeigt der Boden alle Gerippstücke thierischer Körper in ungeheuerer Anzahl; Zähne, Köpfe, Klauen, Wirbelbeine, Röhren u. s. w. liegen übereinander, nur durch eine Gattung Tuff verbunden, welcher aus verwitterten Knochen besteht. Durch eine Seitenöffnung gelangt man zu der dritten Kammer, welche 15' lang, 5' hoch und 6' breit ist. Auch hier hat man außerordentlich viele Gerippstücke, zum Theil sehr großer Art gefunden; viele Köpfe und Zähne, die einem fleischfressenden Thiere vom Katzengeschlechte angehört haben müssen. Wahrscheinlich war vormals der ganze Raum dieser Abtheilung damit ausgefüllt. In die vierte Kammer steigt man aus der dritten auf einer Leiter 20 F. tief hinab, sie ist 15 F. weit und 30 F. hoch. Die versteinerten Knochen ragen hier theils aus den Wänden hervor, theils erfüllen sie den lockeren aus Modererde bestehenden Boden. Man empfindet hier zuerst einen Modergeruch, der in den folgenden Kammern immer stärker, zuletzt völlig aashaft wird. In der fünften Kammer hat man eine Schlucht am Boden von 4 F. Breite und unabsehbarer Höhe, großentheils mit Knochen ausgefüllt gefunden. Man fand 180 meist ganze Köpfe beisammen und die Menge der Zähne ist fast unglaublich. Abermals auf einer 20 F. langen Leiter gelangt man endlich in die sechste Kammer. Sie ist 28 F. hoch und 43 F. lang. Eine 5 F. tiefe Knochenschicht bedeckt den Boden. Die Knochen liegen in einer schwarzen fetten Modererde, der Rest der verwesten Thierkörper. Bis zu 20 F. Höhe stecken auch an den Wänden überall Knochen. In der Decke sieht man Röhrenknochen von ungewöhnlicher Länge und einigen Zoll Durchmesser eingewachsen. Die Luft ist hier so feucht, daß der beste Zunder kein Feuer mehr fängt. Die Thierknochen in diesen Höhlen gehören Thiergattungen an, die jetzt nicht alle mehr existiren. Vorzüglich hat man 2 Gattungen unterschieden, deren eine mit dem jetzigen Eisbären, die andere mit dem jetzigen Tieger Aehnlichkeit gehabt, aber viel größer gewesen sein muß. Der Eisbär z. B. dessen vollständiger Kopf in der Sammlung des Prof. Esper zu Erlangen sich befindet, muß eine Länge von 18 F. gehabt haben. Besonders merkwürdig ist noch der Umstand, daß bei der Gailenreuther-Höhle und einigen andern in deren Nähe befindlichen Höhlen, in denen sich Knochen finden, die Oeffnungen, welche die Höhlen unter einander verbinden, zum Theil so eng sind, daß man nicht begreifen kann, wie Thiere von der Größe des angeführten Eisbären hineingekommen sind. Man vermuthet, daß diese Thiere bei einer großen Wasserfluth, die das ganze Gebirge überschwemmte, an Felsen zerrissen und stückweise in die Höhlen hineingeschwemmt worden. — Zu den Muggendorfer Höhlen gehört auch die Rosenmüllers Höhle, welche den Namen von ihrem Beschreiber erhalten hat. Sie enthält ebenfalls Tropfsteingebilde und Knochen, namentlich von dem Höhlen-Bären. — Die Mixtnitzer Höhle in Steiermark,

gleichfalls mit Petrefacten. — Eine Höhle bei Urach in Schwaben, die am Boden mit feinem weißen Sande bedeckt ist, und wenn auf den Alpen der Schnee schmilzt, ganz mit Wasser sich füllt. — Die Krystallhöhle im Canton Bern im Zinken-Berge, besteht aus einer geräumigen Grotte voll der schönsten Bergkrystalle, deren Gesammtgewicht auf 1000 Center und deren Werth nach geringster Schätzung auf 40000 Fl. angenommen wird. Es fanden sich förmliche Pfeiler von Krystall, deren einer 8, andere 4 bis 5 Centner Gewicht hatten. Gegenwärtig ist die Höhle verschlossen und unter obrigkeitliche Aufsicht gestellt worden. Außer dieser hat man später in der Nähe noch andere Krystallgrotten entdeckt, welche förmlich bergmännisch bebaut werden. — Vielleicht die größte aller bekannten Höhlen ist die Adelsberger, 6 Meilen von Triest. Man hat schon mehre Meilen in derselben zurückgelegt, um ihre Länge, Weite und Höhe auszumessen und doch ist es bis jetzt noch nicht gelungen, ihr Ende zu erreichen. Zahllose Irrgänge und schaudererregende Abgründe hemmen weitere Untersuchungen. Was man davon kennt, sind (nach der von Sommer mitgetheilten Beschreibung) hier unermeßliche Höhen, unabsehbare Tiefen und dunkle Grüfte, dort schmale Gänge, Schluchten, viele Kammern und große Säle von dicken Tropfsteinpfeilern unterstützt. Bruchstücke und lange Felsenblöcke sind von der Decke herabgestürzt und bilden zum Theil von Tropfstein überzogen, und dadurch wieder mit der Decke in Verbindung gesetzt, unförmliche Säulen. Ueberall hat das Tropfsteinwasser sonderbare Gestalten gebildet, in welchen man mit mehr oder weniger Einbildungskraft Drachen-, Schlangen-, Löwen- und Tiegerköpfe, zum Theil auch menschliche Körpertheile von ungeheurer und verzerrter Form und gräßlichem Ansehen erblicken kann. Viele jener Säulen entstehen bloß durch das Tropfsteinwasser. Die Adelsberger Grotte ist nicht bloß eine Tropfsteinhöhle, sondern auch eine Wasserhöhle. Der Fluß Poik stürzt sich nicht weit von ihrem Eingange in den Felsen hinein, läuft eine große Strecke in der Tiefe der Höhle fort, bildet selbst einige Wasserfälle, die ein donnerähnliches Getöse verursachen und kommt darauf bei Planina wieder an das Tageslicht. Außer diesem Fluße Poik finden sich indeß noch einige andere Wasserströme in der Höhle. Merkwürdig sind zwei natürliche Brücken, vermuthlich durch von oben herabgestürzte Felsenstücke entstanden, die sich dann querüber gestemmt haben. Sie erleichtern das Begehen der Höhle, weil man ohne sie schwerlich die schaudervollen Abgründe überschreiten könnte, in deren Tiefe sich jene großen Wasserströme hinwälzen. In dem Wasser unter der ersten dieser Brücken, unweit vom Eingange der Höhle hat man wohlschmeckende Fische gefangen. Die zweite soll tief im Innern auf eine Meile weit vom Eingange sich befinden, und man blickt auf ihr zu beiden Seiten in schwindelerregende Abgründe hinab, die noch gänzlich unbekannt sind. Die Führer haben die Gewohnheit, einige Bund Stroh auf den Wänden der letztern Brücke anzuzünden. Dadurch entsteht die schauerlichste Beleuchtung des hohen Gewölbes, der zahllosen Tropfsteinfiguren in der Nähe und Ferne und der Tiefe zunächst unter der Brücke. Nach einer Weile stürzt man den brennenden Haufen hinab

in den Strom und sieht nun auch den gräßlichen, auf 100 Klaftern geschätzten Abgrund erleuchtet. — Die Höhle bei Unz nimmt den aus dem Cirknitzer See kommenden Fluß Jesero auf, und hat viele große Gewölbe. — Aus der Kleinhäuslerhöhle, eine Meile von Adelsberg kommt der Fluß Unz; sie hat weite noch nicht untersuchte Gänge. — Die Höhle bei Lueg, 4 Meilen von Adelsberg, besteht aus drei Stockwerken, deren unterstes den Bach Lokna aufnimmt und stets voller Wasser ist. — Die Pondpetschio-Höhle in Mittelkrain hat einen geräumigen Eingang und ein großes Gewölbe, aus welchem viele Gänge auslaufen, die aber wegen der vielen und tiefen Teiche in ihnen unzugänglich sind. — Die Magdalenengrotte oder Höhle zu St. Maria Magdalena ist ¾ Stunden von der Adelsberger Höhle entfernt. Sartori gibt nachstehende Beschreibung von ihr. Man gelangt zu ihr auf einem steinigen Pfade, an dessen Seite hier und da niedriges Gebüsch die Felsenstücke zum Theil verdeckt. Dann biegt man in einen unermeßlichen Wald, worin nur Stürme und Bären hausen. Ein enger halbverwachsener Fußsteig ist die Spur, der man zu dieser Grotte folgt. Endlich gelangt man zu einem dunkeln, überall mit dichten Baumwänden geschlossenem Platze. Wenn man hier auf einer Seite die verworrenen Aeste der Gesträuche auseinanderzieht und sich einen Weg über einen engen, mit niedrigem Buschwerk bewachsenen Abhang bahnt, so kommt man bald zu dem Eingange der Höhle. Er ist furchtbar erhaben. Man befindet sich in einem kleinen Felsenkessel, den man noch weiter hinabsteigen muß. Den Boden decken Disteln, Dornen und Nesseln. Die dem Wege entgegenstehende Felswand ist unbekleidet bis auf den Gipfel, den ein Wald krönt; auf der andern Seite stehen Bäume auf Bäume, wie senkrecht übereinander. Dieser vorbereitende Anblick erstarrt den Kommenden. Es ist unmöglich in der ersten Minute einen Schritt weiter zu thun. Endlich wanken die Füße mechanisch fort. Und nun gähnt in der tiefsten Tiefe des Kessels die Erde, als wollte sie alle ihre Kinder und das ganze Leben des Himmels auf einmal verschlingen. Nur die Annäherung zu diesem Schlunde des Schreckens, kann mit dem Gedanken hineinzutreten vertraut machen. Hier braust kein Fluß, hier fliegt kein Vogel, am Eingange verstummt das Leben, erblindet der Tag. Aber einige Schritte weiterhin wird das Leben und Wirken der Natur in diesen einsamen Werkstätten den menschlichen Sinnen vernehmbar. Von allen Wänden fallen dicke, breite, schwere Tropfen plätschernd nieder. Man glaubt das Picken der großen Zeitenuhr zu hören, die Pulsschläge der Gebirgsadern oder die Fußtritte der Gnomen zu vernehmen. Säulen streben empor in mancherlei Ordnungen, mit wundersamen Knäufen und Stühlen, sie tragen seltsame Gewölbe und prächtige Hallen. Bald vereinzelt, bald in Scharen zusammengedrängt, bilden sie Gänge, Säle und Bogen; Festons, Blumenkränze und mäandrische Gewinde verzieren sie. Hier und da scheinen gewaltige Umwälzungen und fürchterliche Erdbeben den Pallast und seine Grundfeste erschüttert zu haben. Gewölbe sind eingestürzt und Mauern zerspalten. An der Decke hangen Knäufe von Säulen, deren Schäfte nicht senkrecht unter denselben-

sondern einen Schritt weit und noch mehr seitwärts darüber hinausragen. Zwischen den Palästen scheinen weite Gartenanlagen durch die Zeit in Verfall gerathen zu seyn; große Cascaden, die im Augenblicke des heftigsten Sturzes und der schäumendsten Brandung ergriffen und in Stein verwandelt worden sind; Bienenkörbe, groß wie weite Säle der Menschen — und Zimmer, klein wie gewöhnliche Bienenkörbe; Tropfquellen, rieselnde Fäden von Wasser und kleine Bäche, die sich in Weiher und Teiche sammeln; ein Heilbrunnen, dessen Wasser den Fieberkranken augenblickliche Genesung gewährt; steigende und sinkende Parterres, Alleen und Irrgärten. Alles zaubert diese Naturspiele zu Palästen, zu Prunkgärten des Königs der Gnomen um. — Besonders erwähnt werden müssen noch die Schwefelhöhlen in Siebenbürgen, welche sich 4 Stunden von Obertorja in dem Berge Büdösch befinden. Der Gipfel dieses Berges hat eine Kegelform, ist ziemlich steil und unten mit Waldung bewachsen. Die eine Höhle befindet sich an der nordöstlichen Seite desselben, und das Gestein ist bis auf zwei Klaftern über der Oeffnung weiß gebrannt. Weiter hinauf wird der Felsen immer schärzer und gleicht am Ende einem Schornsteine. Die Höhle selbst ist zwei Klaftern hoch und oben gleichsam gewölbt; in der Länge hält sie drei und in der Breite eine Klafter. Innerhalb öffnen sich noch einige kurze Seitengänge. Der felsige Boden hat rings um die Seitenwände schmale, kaum sichtbare Ritzen, durch welche aus dem Abgrunde Schwefel ausflammt, so daß man, außer der Höhle stehend, die dicke schwebende Hitze doch ohne Flamme wahrnimmt, auf die Art, wie man über einem in der Sonne brennenden Feuer die Luft zittern sieht. Doch erfolgt dieses Dampfen nicht gleichförmig, sondern stoßweise. An den Wänden setzt sich allmählig Schwefel ab. Wenn es recht still ist, vernimmt man ein leises Knistern in der Höhle, wie wenn von Innen mit Holz geheizt würde. Ganz vorn am Eingange der Höhle empfindet man an den Füßen bis zur Hüftgegend eine ziemliche Wärme, da aber der Schwefeldampf nicht bis zum Kopfe steigt, so kann man noch frei Athem holen. Ein Vorbeugen des Leibes führt indeß schon in die höher stehenden Dunstwolken, und man ist genöthigt, um nicht zu ersticken, den Mund und die Nase wider das Athmen mit einem Tuche sorgfältig zu verwahren. Dabei fühlt man, wie sich die Wärme über den ganzen Körper verbreitet, und in den Augen, die zugleich zu thränen anfangen, empfindet man Stiche wie von Nadeln. Auf dem Boden ist der Schwefeldunst noch stärker, und wenn Jemand das Unglück hätte umzufallen, und man eilte ihm nicht augenblicklich zu Hülfe, so wäre er in kurzer Zeit unfehlbar todt. Deswegen geht auch Niemand allein in diese Höhle. Man schreibt diesen Schwefeldämpfen große Heilkräfte gegen Augenschmerzen und Hautkrankheiten zu, und die Höhle wird daher zuweilen von Leuten, die mit dergleichen Uebeln behaftet sind, täglich 30 bis 40 Mal mit glücklichem Erfolge besucht. — An der südwestlichen Seite des Berges finden sich noch sieben andere Höhlen, von welchen man drei besuchen kann. Die eine davon ist etwas größer als jene auf der nordöstlichen Seite, dampft aber weniger; der Fußboden ist schwankend und deutet auf eine andere

tiefere Höhlung. Auch hier finden sich viele Kranke ein, um von Augenweh, Ausschlägen und Gichtschmerzen befreit zu werden. Am Fuße des Berges sind schwefelhaltige Quellen, die für Gichtkranke als heilsame Bäder dienen. — Die Höhlen bei Aggtelek in der Torner Gespannschaft in Ungarn, welche durch Seitengänge alle mit einander zusammenhängen, sind so groß, daß man bereits mehre deutsche Meilen weit darin umhergereist ist, und dennoch das Ende derselben noch nicht aufgefunden hat. Eine davon ist so weit und hoch wie eine Kirche, und ihr Anblick setzt in Erstaunen. In der einen Höhle ist ein fließender Bach, in einer andern ein kleiner See. Manche der Oeffnungen, durch die man aus einer Höhle in die andere gelangt, sind so niedrig, daß man gebückt durchgehen, ja zuweilen gar mit Hülfe der Hände und ganz auf dem Bauche liegend durchkriechen muß. In manche geht man hinab, in die eine steigt man hinauf, in andere muß man sich gar mit Stricken hinablassen. Der Krümmungen und Durchkreuzungen sind so viele, daß man ohne Licht und ohne Führer Gefahr laufen würde sich zu verirren und nie wieder herauszukommen. Merkwürdig ist, daß überall im Innern der Höhle Wagengleise auf dem Boden zu sehen sind, da doch nach der dermaligen Beschaffenheit nicht einmal Zugvieh, geschweige denn ein Wagen in dieselbe eindringen kann. An manchen Stellen sind eine Menge Menschenschädel gefunden worden; vermuthlich Ueberreste eines kleinen Heeres, das einst der Sage nach sich in diese Höhlen gerettet haben und durch den Rauch des Feuers, das der Feind am Eingange angemacht, erstickt worden sein soll. — Als ähnlicher Zufluchtsort für Krieger ist auch die Veteranische Höhle im Banate, am linken Ufer der Donau, unweit Orsowa, öfter benutzt worden. Sie liegt 50 Klaftern von der Donau, 2 Klaftern über dem Wasserspiegel in einer 12 Klaftern hohen, stark überhangenden Felsenwand eingesenkt, wodurch der Eingang und die in neueren Zeiten vor demselben angebrachten Verschanzungen sehr gedeckt sind. Der Eingang ist 4 Klaftern 3 Schuh lang, 2 Klaftern breit und 4½ Schuh hoch. Der innere Raum der Höhle hat 16 Klaftern 3 Schuh Länge, 12 Klaftern Breite, 10 Klaftern Höhe und kann 600 bis 700 Mann fassen. Durch eine eirunde Oeffnung rechts vom Eingange, erhält sie einiges Licht. Eine kleine Nebenhöhle ist durch eine Scheidewand zum Pulvermagazin abgesondert. Andere Abtheilungen dienen für die Offiziere, für den Mundvorrath u. s. w. Alte lateinische Inschriften zeigen, daß sie schon den Römern zu den Zeiten des Kaisers Trajan bekannt gewesen. Im Jahr 1692 während des Türkenkrieges, ward sie von dem in Siebenbürgen damals commandirenden österreichischen General Grafen Veterani besetzt und zur Vertheidigung der Donaudurchfahrt benutzt, wozu sie, da hier der Strom in steilen Ufern fließt und auf 140 Klaftern eingeengt ist, folglich auch das gegenüber liegende rechte Ufer von der Höhle aus ganz beherrscht werden kann, trefflich geeignet ist. Von diesem General Veterani hat sie ihren gegenwärtigen Namen bekommen; vormals hieß sie die Piscabora oder Biscabara. Im letzten Türkenkriege 1788 ist sie durch die tapfere Vertheidigung des kaiserlichen Majors Stein neuerdings berühmt geworden. Die

Bezifkala in der Nähe von Josephsthal in Mähren, hat einen schmalen Eingang, dehnt sich aber im Inneren mehre hundert Klaftern weit aus. Der Boden erhebt und senkt sich wellenförmig, von der Decke hangen hier und da mächtige Felsenstücke herab. Das von der Decke und den Wänden durchsickernde Wasser sammelt sich auf dem Boden in kleinen Becken. Eines derselben ist mehre Klaftern lang und breit und hindert auf dieser Seite der Höhle das weitere Vordringen, außer auf einem Kahn, in dem man aber ganz gebückt sitzen muß, weil von oben eine große Felsenmasse bis nahe an den Wasserspiegel herabhängt. Im Jahr 1804 besuchte die Kaiserin die Höhle, welche mit mehr als 1000 Lampen erleuchtet, und möglichst leicht zugänglich gemacht worden war. — Der höchst merkwürdige Erdfall der Macocha (Mazocha) befindet sich zwischen Willimowitz, Ostrow, Suchdol und Neuhof, und ist eigentlich eine senkrecht herabgehende Höhle, von welcher aus mehr oder weniger wagerecht mehre Gänge in die Gebirgsmassen gehen. André gibt nachstehende Beschreibung der Macocha. Man stelle sich ein längliches Stück Erdboden von etwa 50 Klaftern Länge und einigen 30 Klaftern Breite vor, dessen abschüssige Längenrichtung von Süden nach Norden geht. Dieses ist rings herum von steilen, schroff abgeschnittnen, grauen Kalkfelsen umgeben, die eine Höhe von mehr als 100 Klaftern erreichen. Diese Felsen schließen sich zu einer Masse von ziemlich gleicher Höhe an einander und verstatten keinen Zugang, außer etwa an der Südseite, wo er jedoch auch mehr scheinbar als wirklich ist. Dieser schon an sich große Charakter der Macocha wird noch mehr durch das Eigne des Zuganges erhöht. Bald hinter Willimowitz werden die Kalkfelsen durch ein dürres Thal geschieden. Man geht den Berg hinab, das Thal hindurch und steigt jenseits desselben einen steilen Weg wieder hinauf. Dann geht es gemach auf schmalen Fußsteigen durch den Wald fort und alles verkündigt, daß man sich im Dickicht des Waldes auf einer ziemlich bedeutenden Höhe befinde. Man geht sorglos fort — noch ein Schritt — und man ist verloren. Denn auf einmal ohne es zu ahnen, steht man am Abgrunde der Macocha, an dem Abgrunde einer Felsenwand, die bis in die Tiefe fast senkrecht hinabsteigt. Selbst das bloße Hinabsehen blieb sonst ein Wagestück. An der Ostseite sind zwei kleine Einschnitte in der Felsenwand und zwischen ihnen eine kleine Vertiefung, in die man äußerst vorsichtig hinabging, und hier eine Abplattung am Felsenrande fand, die wie ein Pult breit war und über dem Abgrunde hervorragte. Auf diese, die kaum den Körper eines Menschen faßte, legte man sich auf den Bauch und konnte nun in den wirklich schwindelerregenden Abgrund hinunterblicken. Gegenwärtig ist dieser Platz zugänglicher gemacht und mit einem Tempel überbaut worden, aus welchem man nun ohne Gefahr in die Tiefe hinabsehen kann. Der Anblick ist einzig. Das Dunkelgrün des Pflanzenteppichs, die Schwärze des Wassers, das Schwarzgrau der Felsenlöcher, das Aschgrau ihrer Oberfläche, an welche überall das Grün einzelner Buchen und Nadelbäume wieder hinstreift, geben mit der trichterartigen Vogelperspective verbunden ein groteskes Bild, dessen malerische Wirkung durch die schräge Beleuchtung des Mor-

genlichtes ungemein erhöht wird. Einen Stein, den man hinabwirft, hört man erst nach 8 Secunden in das Wasser auf den Boden fallen. Wenn man 1 Secunde etwa für die Zeit abrechnet, die der Schall zu seiner Fortpflanzung bis zur Höhe braucht, so folgt aus einer Fallhöhle von 7 Secunden, eine Tiefe von 735 Fuß. Am 15. Juni 1784 ward dieser Abgrund durch den fürstlich-lichtensteiner Hüttendirector Rudczinsky, in Begleitung dreier anderer fürstlichen Beamten untersucht. Sie ließen sich mittelst dreier Seile von 120 Klaftern Länge auf Knebeln hinab. Die Fahrt hatte eigene Schwierigkeiten. Es ging zuerst 24 Klaftern weit einen Felsen hinab, der eine steile Abdachung von 70 Grad hatte. Dabei mußten sorgfältig alle lose Steine, die unter das Seil hätten kommen können, abgeräumt und hinabgeworfen werden, um sich vor dem Nachfallen derselben sicher zu stellen. Hierauf hingen sie, da der Felsen überhangend wurde, 42 Klaftern lang frei in der Luft und drehten sich eine Weile im Kreise herum, weil das Seil, welches an der scharfen Ecke des vorspringenden Felsen auflag, sich rieb und auf- und zudrehte. Um nicht schwindlig zu werden, mußte man die Augen schließen, sie aber auch von Zeit zu Zeit wieder öffnen, um an den vorragenden Felsspitzen nicht anzustoßen. Sodann erreichten sie eine Abdachung von 64 Grad, welche durch nach und nach herabgerollte Felsenstücke entstanden ist. Hier bemerkten die Reisenden eine Höhle, durch welche das Wasser der Macocha bei stärkerem Anlaufen einen Ausfluß nimmt. Der Grund wurde jetzt sandig und der Weg besser, so daß man, ohne das Seil weiter zu bedürfen, vollends bis zum Wasser hinabklettern konnte. Die von dem Wasser in dem Sande gebildeten, terassenartigen Absätze zeigten sehr deutlich das Steigen und Fallen desselben. Jenseits des Wassers, über welches man da, wo es am schmälsten war, in der Richtung von Süden nach Norden gesetzt war, mußte man wieder einen Sandberg ersteigen, den vermuthlich die Wasserergießungen aus den Höhlen angeschwemmt hatten. Hier fanden sich ganz frische Fährten von zwei Fischottern, die durch die herabrollenden Steine vermuthlich verscheucht worden waren. Daraus läßt sich schließen, daß es hier Fische geben müsse, doch konnte man theils wegen der Tiefe des Wassers, theils weil es durch die hinabgerollten Steine getrübt war, keine wahrnehmen. Mehre daselbst befindliche Höhlen versuchte man zu durchforschen, konnte aber wegen Mangel an Erleuchtung nicht weit vorwärts dringen. Rudczinsky vermuthet indeß, daß sie sehr weit fortlaufen müssen. Außer einer Nachteule, Fröschen, Schnecken und gemeinen Insecten fanden die Reisenden kein lebendiges Geschöpf, eine kleine Gattung Vögel ausgenommen, die noch kleiner als der Zaunkönig und von grüner Farbe, in dem hin und wieder an dem Felsen hangenden Moos sich aufhielten. Bei der einen Höhle wurde ein abwechselnder, bald warmer bald kühler Luftzug empfunden. Die Obenstehenden konnten Alles, was ihnen von unten, auch ohne besondere Anstrengung zugerufen wurde, wohl verstehen. Der Knall einer unten abgefeuerten Pistole war nicht ungewöhnlich stark, doch versicherten die Obenstehenden, daß er wie der Knall einer stark geladenen Kanone gewirkt habe. Der Pulverdampf

blieb über eine Stunde (so lange sie nämlich sich unten noch aufhielten) in Gestalt einer Glocke unzertrennt, etwa bis zur Höhe der ersten beim Hinabfahren bemerkten Höhle schweben. Merkwürdig ist noch eine röhrenförmige Oeffnung, welche an einem der Felsen von oben herab, bis fast auf den Boden ziemlich senkrecht hinabgeht und von dem dortigen Landvolk der Rauchfang genannt wird. Der größte Stein, oben hineingeworfen, kommt unten ganz zu Sand zermalmt wieder heraus, und fällt mit einem Getöse hinab, das den stärksten Donner übertrifft. Nach der Behauptung der Bauern, schlägt fast jedes vorüberziehende Gewitter in der Macocha ein. — Unterschieden von allen bis hierher beschriebenen Höhlen ist die Windhöhle, welche sich im Aeolsberge (Monte Eolo, v. Aeolus, dem Gott der Winde) bei Terni im Kirchenstaate befindet. Den Eingang derselben verschließt ein altes verfallnes Thor, durch dessen Spalten der Wind mit großem Getöse herausdringt. Wird das Thor geöffnet, so hört das Brausen auf und der Wind bläst minder heftig. Die Höhle ist von großer Weite und zieht sich hinterwärts abschüßig in die Tiefe des Felsen hinein. Große Massen, die an der Decke hangen, und jeden Augenblick herabzustürzen drohen, erfüllen die Seele des Beobachters beim ersten Eintritte mit Grausen. Die eigentliche Windgrotte ist im Hintergrunde dieser ersten Höhle, aus welcher ein besonderer nicht allzubreiter Eingang zu ihr führt. Ein Engländer Matthiews hat sie untersucht. Bei geöffnetem Thore am vordern Eingange der ersten Höhle war der Wind so heftig, daß die Fackeln auslöschten. Matthiews ließ sich einen Strick um den Leib binden, das Thor verschließen und fand nun den Wind weniger heftig, so daß die Fackel fortbrannte und er seinen Weg nach dem Innern der Kluft antreten konnte. Der Führer mußte dabei das andere Ende des Strickes in der Hand behalten. Er fand, daß die Wände aus einem dichten Kalkstein bestanden, der an mehren Stellen mit Tropfstein überzogen war. Dieser kam dem Krystall an Glanz nahe und war rein und durchsichtig, zuweilen mit einem weißen Staube bedeckt. Verschiedene steile Abhänge und Tiefen, die Matthiews antraf, getraute er sich nicht zu untersuchen. Wahrscheinlich stehen sie alle zusammen in Verbindung. Einige Bewohner der nächstgelegenen Landhäuser haben den aus dem Berge strömenden Wind, welcher gerade während der größten Sommerhitze am kältesten ist, zur Abkühlung der Zimmer benutzt. Es sind nähmlich in den Zimmern Gipsköpfe mit weitgeöffneten Rachen angebracht, welche mit dem Aeolsberge durch Röhren in Verbindung stehen, und aus denen daher der kalte Luftstrom in das Zimmer bläst. Es sind überdieß Hähne angebracht, um nach Bedürfniß den eindringenden kalten Luftstrom abzuschließen. Während im Sommer die kalte Luft aus dem Berge heraus bläst, bemerkt man, daß beim Aeolsberge, so wie bei den meisten anderen Windhöhlen, im Winter die Luft in die Höhle hinein fährt. Parrot hat die Erscheinung der Windhöhlen zu erklären versucht. Bekanntlich ist die Luft wie alle (schweren) Körper den Gesetzen des Gleichgewichts unterworfen. Wird nun durch die Wärme ein Theil der Luft ausgedehnt, so wird er dadurch leichter als die übrigen nicht erwärmten Theile.

Hierdurch ist das Gleichgewicht aufgehoben und es strömen sogleich von den kälteren Theilen so viele herbei, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Diese Luftströme nehmen wir wahr in der Zugluft, die entsteht, wenn ein erwärmtes Zimmer der freien kühleren Luft geöffnet wird; sie sind es auch, welche als Winde und Stürme auftreten. Einen gleichen Ursprung scheinen nun auch die aus den Windhöhlen strömenden Luftmassen zu haben. Fig. 58. stelle den Durchschnitt einer solchen Höhle vor. A und B sind die Mündungen dieser Höhle, wobei dann angenommen wird, daß die Höhle außer der bekannten (aus welcher im Sommer die kühle Luft herausfährt), noch auf der entgegengesetzten oberen Seite eine oder mehre Oeffnungen habe. Ueber beiden Mündungen befinden sich zwei senkrechte Luftsäulen, und wir denken uns von B aus eine wagerechte Linie nach C; es ist klar, daß die beiden Luftsäulen über A und C in jeder Jahreszeit das Gleichgewicht halten müssen. So verhält es sich aber nicht mit den beiden Luftsäulen AEDB und AC, indem dieselben verschiedene Temperatur haben. Wenn die Temperatur im Innern der Höhle bei G das ganze Jahr hindurch etwa +8° R. bleibt, und die Luft zwischen A und C im Sommer auf 20° und noch mehr erwärmt wird, so muß nothwendig die kältere schwerere Luft von G durch die Oeffnung EA ausströmen, um das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen, und sie wird durch neue Luft bei B wieder ersetzt. Ist dagegen im Winter die Temperatur der äußern Luft zwischen A und C etwa 4° R. oder mehr, so ist das Verhältniß umgekehrt; diese äußere kältere dringt bei AE in die Höhle hinein und bei B heraus, ebenfalls um das gestörte Gleichgewicht zwischen der innern und der äußern Luft herzustellen. Je größer der Temperaturstand ist, desto stärker wird der Wind sein, und je größer die Höhle und je stärker die innere Ausdünstung der inneren Felsenwände ist, desto kälter wird er blasen. Ueberdieß ist zur Entstehung einer Windhöhle noch nöthig, daß die Oeffnung bei A im Verhältniß zur innern Weite der Höhle ziemlich eng sei; bei einer großen Oeffnung erfolgt die Ausgleichung der Temperaturen allmählig und ohne bedeutende Strömung. — Diese Erklärung ist wie man sieht, nur bei denjenigen Höhlen anwendbar, bei welchen im Winter ein Einströmen der Luft in die Höhle stattfindet, durch dieselbe Oeffnung, in welcher im Sommer die Luft ausströmt, nicht aber bei den Höhlen, aus welchen durch dieselbe Oeffnung im Winter und im Sommer Luft ausströmt. — In Frankreich befindet sich eine der merkwürdigsten Höhlen: die Hexenhöhle, la Baume oder Grotte des Demoiselles bei Ganges im Sevennengebirge. Zur Zeit der Religionsverfolgungen sollen sich Hilflose in sie geflüchtet, und durch den Aufenthalt dieser später darin verwilderten Menschen soll die Höhle ein Gegenstand des Aberglaubens geworden sein. Am 7ten Juni 1780 wurde die Höhle zuerst wieder von Lonjon, Marsollier und Brunet in Begleitung zweier Bauern und eines Bedienten besucht, welche mit allen nöthigen Geräthschaften sich versehen hatten. Der Eingang in diese Höhle befindet sich auf dem Gipfel eines steilen Berges, Roc de Taurach genannt, enthält etwa 20 Fuß im Durchmesser und hat viel Schauderhaftes. Das Innere besteht aus mehren

sehr großen Kammern, alle mit den herrlichsten Tropfsteinbildungen geschmückt. Gleich vorn zeigten sich vier prachtvolle 30 Fuß hohe Pfeiler wie Palmen gestaltet, die in gerader Linie stehend, einen Säulengang bildeten. In der zweiten Kammer, zu welcher man sich durch einen schmalen Gang durchzwängen mußte, sah man weit oben in unbestimmbarer Höhe einen von Tropfstein gebildeten Vorhang, der mit den funkelndsten Steinen besetzt, zierlich in Falten gelegt war und mit dem untern Rande bis zur Erde herabhing. Versteinerte Cascaden, im Aufthürmen erstarrte Wellen, Säulenreihen, Blumengewinde, dieses weiß wie Alabaster, jenes durchsichtig wie Krystall, die thurmhohen Gewölbe, der Wiederglanz der Fackeln, alles dieß machte die Höhle zu einem Zauberpallaste. Eine dritte Kammer zeigte nichts als durcheinander gestürzte und zerbrochne, abgerollte und schwebende Felsenstücke, Beweise der heftigsten Zerrüttungen, die einst hier vorgegangen sein mögen. Aber alles ward durch die vierte Kammer übertroffen. Man erblickte, als man durch eine kleine Oeffnung gekrochen war, einen Raum vor sich, dessen Größe das Auge nicht zu schätzen vermochte, und es führte kein Weg vorwärts, als über einen schroffen Felsen hinab. Hier wurde der erste Gebrauch von der Strickleiter gemacht. Ein fürchterlicher Abhang bot sich von allen Seiten dar; ein hinabgeworfener Stein brauchte lange Zeit, ehe er den Boden erreichte. Bald wurde die Gesellschaft für ihre Beschwerlichkeiten reichlich entschädigt. Pfeiler von einer entsetzlichen Höhe, ein Raum von der Größe eines Marktplatzes, ein Gewölbe von unermeßlicher Höhe, Abhänge, deren Tiefe Niemand schätzen konnte — alles war geeignet, Aufmerksamkeit und Schrecken zu erregen. Nach einigem Steigen war der Fels auf einmal zu Ende, und die Leiter, jetzt ohne Widerlage hing in freier Luft, und drehte sich herum. Es war nicht möglich weiter zu kommen. Der herzhafteste verlor den Muth, es fehlte an Seilen, man hätte eiserne Haken, mehre Hämmer, Leute und Kräfte haben müssen, und entschloß sich also, obwohl höchst ungern, die Leiter wieder hinaufzusteigen.

Reich an merkwürdigen Höhlen ist auch England. Von der Höhle bei Castletown (vom Volke Devils-Arse genannt) gibt Sommer nachstehende Beschreibung. Die Höhle befindet sich im Innern eines steilen und hohen Berges. Der zu dem Vorhofe der Höhle führende halbkreisförmige Eingang ist 120 F. breit und 40 F. hoch. Den nur wenig steilen Weg hinab verliert sich das Tageslicht nur nach und nach, und man befindet sich noch 70 F. tief am Ende des Vorhofes, wo die eigentliche Höhle erst beginnt in einer schwachen Dämmerung. Innerhalb des Vorhofes befinden sich mehre Wohnungen, welche frei von den Felsenwänden abstehen. Von der Decke des Vorhofes hangen große Tropfsteinmassen herab. Am Ende des Vorhofes gelangt man zu einem kleinen Pförtchen. Der Führer theilt Lichter oder Fackeln aus und öffnet nun einen finstern Gang von 450 F. Länge, dessen Decke an manchen Stellen so niedrig ist, daß man gebückt gehen muß; der auf dem Boden angehäufte Sand rührt von dem Wasser der Flüsse und Seeen im Innern der Höhle her, welche nach

häufigem Regen anschwellen und dann die ganze Höhle unzugänglich machen. Am Ende des Ganges findet man das erste dieser Gewässer. Um es zu überschiffen, muß man sich in einen kleinen Kahn auf den Rücken legen, und wird nun, das Licht vor der Brust haltend, von dem Führer, der in das nur 3 F. tiefe Wasser steigt, an das jenseitige Ufer gezogen. Während der Fahrt senkt sich das Gewölbe der Höhle immer tiefer herunter, bis es endlich beinahe das Gesicht berührt. Am andern Ufer hat sich die Decke wieder gehoben und man erblickt sich nun in einer Höhle von 120 F. Höhe, 270 F. Länge und 210 F. Breite. Moritz (einer der Besucher) will hier zu beiden Seiten des Weges eine Menge großer und kleiner versteinerter Pflanzen und Thiere gesehen haben. Ein anderer Besucher Faujas St. Fond erwähnt nichts von diesen Versteinerungen. Ueber ein zweites Wasser wurde Moritz von dem Führer auf den Schultern getragen. Faujas St. Fond ging an einer Erhöhung längs dem Ufer desselben fort. Ueberraschend war für den erstern das Tönen einer lieblichen Harmonie, welches er aus der Ferne vernahm. Als er sich der Stelle näherte, verlor sich dasselbe und er vernahm nur noch das sanfte Plätschern herabfallender Wassertropfen, welche er einem Regen ähnlich wie aus einer dicken Wolke von oben aus der Felsendecke herabströmen sah, und wodurch jenes melodische Geräusch in der Ferne verursacht worden war. — Mehre Oeffnungen, rechts und links, die zu kleineren Seitenhöhlen führen, werden unbeachtet gelassen; denn alle Aufmerksamkeit zieht die Kirche auf sich, der man nahe tritt. Moritz beschreibt diesen Theil der Höhle als einen majestätischen Tempel mit prächtigen Bogen, auf schönen Pfeilern ruhend, welche die Hand des kunstreichsten Baumeisters gebildet zu haben scheint. Alles ist natürlich durch Tropfstein gebildet, der noch zum Ueberfluß die halben Thore und Fenster mit weiten Vorhängen verziert hat. In der Nähe der Kirche ist der sogenannte Teufelskeller eine kleine Abtheilung der Höhle, geschwärzt von den Lampen und Fackeln derer, die sie besucht haben. Die Reisenden halten sich hier einige Zeit auf um ihren Mundvorrath zu verzehren. Moritz scheint von der Kirche aus einen anderen Weg eingeschlagen zu haben. Er gelangte längs dem Ufer des Flusses hin bald zu einer Stelle, wo die Felsendecke sich bis zur Oberfläche des Wassers herabsenkte und alles weitere Vordringen unmöglich machte. Von hier aus trat er den Rückweg an und kam bald zu einer engen Oeffnung zwischen den Felsen, durch welche man sich nur auf dem Bauche kriechend durchzwängen konnte und kaum im Stande war, sein Licht brennend zu erhalten. Als er mit dem Führer durch war, befanden sie sich in einer neuen Abtheilung von unabsehbarer Höhe und am Fuße eines Hügels, zu dessen Gipfel sie nicht ohne Beschwerde wegen des schlüpfrigen Weges und der zu beiden Seiten befindlichen Abgründe hinaufkletterten. Als sie oben waren, ging der Führer mit seinem Lichte weiter hinab, welches jetzt aus dem finstern Abgrunde wie ein schöner Stern emporblickte. Sie stiegen darauf wieder hinunter und der Führer begab sich jetzt allein auf den Gipfel, wo er das Licht durch eine kleine Oeffnung des Felsens hinabglänzen ließ. „Es war — sagt Mo-

ritz — als ob in dunkler Mitternacht durch dicke Wolken ein Stern hinunter schimmerte, ein Anblick, der alles an Schönheit übertraf, was ich je gesehen habe.“ Faujas St. Fond befand sich mit seinen Begleitern gleich, nachdem sie aus dem Teufelskeller getreten waren, auf einmal auf einem Hügel, von dem sie auf einem steilen Wege 150 F. lang hinabsteigen mußten. Neben dem Hügel floß ein starker Strom. — Durch die sogenannten Arkaden, drei gewölbte, den Brückenbogen ähnliche, weite Durchgänge gelangte Faujas St. Fond zu einem Wasserfalle, und zu einer Masse pyramidenförmiger Tropfsteingebilde, welche den Namen Tower of Lincoln (Thurm von Lincoln) führt. Hier hatte vormals die Höhle geendet, aber wahrscheinlich um das Jahr 1790 ward ein neuer Gang entdeckt, welcher noch 492 F. weiter geht. Die Gesellschaft ging bis zu Ende desselben; der Fluß kam hier wieder zum Vorschein und drang aus einem Gewölbe hervor, welches weiterhin so eng wurde, daß keine Möglichkeit mehr durchzukommen vorhanden war. — Die ganze Länge der Höhle vom Eingange bis zu der letzten Stelle, beträgt nach Faujas St. Fond wenigstens 2742 F. — Für den Geologen von besonderer Merkwürdigkeit ist die Höhle bei Kirkdale in der Grafschaft Yorkshire, welche erst 1821 entdeckt worden ist. Man hat in derselben eine ungeheure Menge von Knochenbruchstücken und Zähnen gefunden, die nicht versteinert, sondern meistens noch in ihrem natürlichen Zustande waren. Genauere Untersuchung hat ergeben, daß diese Knochen größtentheils Hyänen und in geringerer Menge Tigern, Bären, Wölfen, Füchsen, Wieseln, Elephanten, Nashörnern, Flußpferden, Ochsen, Pferden, drei Gattungen von Rothwild, Kaninchen, Wasserratten, Mäusen, Raben, Tauben, Lerchen und einer kleinen Eulengattung angehörten, Thiere also, die zum Theil, so viel wir wissen, nie in Europa gelebt haben. Die Knochen lagen untereinander gewirrt, zum Theil zeigten sie Spuren von Zähnen. Buckland meint daher, daß diese Höhle ehemals von Hyänen bewohnt gewesen sein möge, welche die übrigen Thiere zu ihrer Nahrung herein geschleppt hätten. — Eine der eben angeführten ähnliche Höhle ist 1823 bei Kirby Moorside entdeckt worden. — In Schottland befindet sich die berühmte Fingalshöhle auf der Insel Staffa. Diese Insel ist nur 1 engl. Meile lang und ¼ M. breit; am südwestlichen Ende derselben befindet sich die Höhle, welche eine Felsenhalle ist, die aus einer unzähligen Menge regelmäßiger sechseckiger Basaltsäulen gebaut ist. Die Länge derselben vom gewölbten Eingange bis zum innern Ende beträgt 250 F.; die Breite am Eingange 53 F. 7 Z., am inneren Ende 20 F.; die Höhe des Bogens am Eingange 117 F. 6 Z.; die Höhe des Gewölbes am inneren Ende 70 F.; die Höhe eines Pfeilers an der Außenseite 39 F. 6 Z., am nordwestlichen Winkel 54 F.; die Tiefe des Wassers am Eingange 18 F., am inneren Ende 9 F. Das Innere der Fingalshöhle wird durch das von Außen einfallende Tageslicht vollkommen erleuchtet. Das Meer bricht sich an den Wänden und den einzelnen Basaltsäulen und nur selten ist es so ruhig, daß man die Höhle mit einem Boote befahren kann. Zur rechten Seite befindet sich ein Fußpfad ungefähr 15 F. hoch über dem

Wasser, welcher durch abgebrochene Basaltpfeiler gebildet wird, aber zum Theil sehr gefährlich zu passiren ist. Diese Höhle wurde im J. 1772 vom Ritter **Banks** entdeckt und beschrieben.

In der Cueva rubia (rothe Höhle) bei dem Dorfe Cocud in Algarbien in Spanien, findet man viele Knochen von Thieren, aber auch, was merkwürdig, Knochenröhren von Menschen, deren Markhöhlung mit einer krystallisirten Masse angefüllt ist. — In der Höhle bei **Cartama** unweit Malaga, befinden sich Trümmer einer altrömischen Stadt. Sie ist wahrscheinlich durch ein Erdbeben oder einen Erdfall entstanden. Sie wurde 1750 zufällig entdeckt, als man einen Keller graben wollte. Bei weiterem Nachgraben fand man einen Tempel von etwa 80 F. im Geviert, Trümmer von einer Treppe und eine linke Hand von Marmor, welche 2½ F. lang, gegen 50 Pfund schwer und vortrefflich gearbeitet war. Auch 10 große Standbilder von weißem Marmor ohne Kopf und Arme, mehre Inschriften, Münzen und eine Säule von 24 F. Höhe und 6 F. Dicke, aus einem einzigen röthlichen Marmorblocke wurden ausgegraben. Die weiteren Untersuchungen sind aber durch königlichen Befehl 1756 eingestellt und der Eingang verschüttet worden.

In Portugal zeichnet sich die **große Höhle** im Thale von Alcantara unweit Lissabon, durch herrliche Kalkspath-Krystalle aus, welche von allen Farben und Größen die Bekleidung der Wände ausmachen. — In demselben Thale befindet sich auch die **kleine** oder **gelbe Höhle**. In ihr ist ein ungeheurer gelber Tropfstein-Felsen, welcher über einem der vielen Becken von Tropfsteinwasser von der Decke bis zum Boden herabhängt. Ueberdieß enthält die Höhle viele Seethierversteinerungen.

Durch herrliche Tropfsteingebilde ausgezeichnet ist die **Höhle auf Antiparos**. Die Alten scheinen sie nicht gekannt zu haben; im J. 1663 besuchte sie zuerst der Marquis von **Nointel**, franz. Gesandter bei der Pforte; darauf **Tournefort** 1670, welcher sie beschrieben hat. Sie ist etwa 250 F. tief, vom Eingange an gerechnet, etwa 300 F. lang, eben so breit und 10 F. hoch. Die Tropfsteingebilde stellen Früchte, Blätter, Festons u. s. w. bis zur täuschendsten Aehnlichkeit vor und sind von blendend weißer Farbe. Insbesondere zeichnet sich ein in der Mitte der Höhle stehender, schön verzierter Altar aus, bei welchem der Marquis v. **Nointel**, der 1663 mit einer Gesellschaft von fast 500 Personen 3 Tage darin verweilte, Messe lesen ließ. Eine Säule von 7 F. Höhe und 1 F. Dicke soll durchsichtig sein. Stark durchscheinende Tafeln gibt es in Menge und Draperien, welche den künstlichen vollkommen gleichen. Besonders herrlich soll der Glanz sein, welcher durch das Zurückstrahlen des Fackellichtes von allen Seiten hervorgebracht wird.

In Norwegen zeichnet sich die **Dolsteen-Höhle** in Herröe auf dem Sundmöer aus, deren Ende noch unbekannt ist und nach dem Volksglauben bis nach Schottland reicht. Einige Geistliche, die sie 1750 besuchten, erzählten, sie hätten das Tosen des Meeres über sich vernommen. Im Berge **Limur** ist eine Höhle, in der man auf ei-

nem wenig gewölbten Marmorwege fortgeht, unter dem man das Rauschen eines Stromes hört, den man auch an verschiedenen Orten durch kleine Oeffnungen, und am Eingange der Höhle unter ihr herausströmen sieht. Die ganze Höhle richtet sich genau nach dem Laufe des unterirdischen Flusses. — Auf der Spitze eines Felsen nahe bei Friedrichshall bemerkt man 3 runde Löcher, jedes etwa von 4 F. im Umkreise, von welchem zwei nicht tief, das dritte aber unergründlich ist. Wenn man in dieses einen Stein hinabwirft, so soll es nach einigen Angaben $1\frac{1}{2}$, nach anderen sogar 2 Minuten währen, ehe man ihn auf den Boden auffallen hört. Hiernach müßte die Höhle nach Parrot's Berechnung 39866 bis 59049 par. F. Tiefe haben, oder vom Grunde eine Höhe, welche die des Chimborasso 2 bis 3 mal übersteigt.

Wahrscheinlich vulkanischen Ursprunges ist die Surth-Höhle, Surthshellir, Hellirin furtur (isländ., schwarze Höhle) auf Island, welche als eine Wohnung böser Geister verrufen ist. Sie soll der Aufenthalt des Riesen Surtur gewesen sein. Der Zugang zu ihr führt durch lauter vulkanisches Gestein. Die Oeffnung ist 30 F. hoch und 50 F. breit, welche Weite weiterhin ziemlich dieselbe bleibt. Der Boden ist wellenförmig gekrümmt, eben so die Seitenflächen und zwar so, daß einer Einbiegung auf der einen Seite eine Ausbiegung auf der anderen entspricht. Es kommen häufig Herabstürzungen vor, und der Boden ist daher zum Theil mit Steinblöcken bedeckt und in der oberen Decke sind verschiedene Oeffnungen entstanden, durch welche das Tageslicht herein scheint. Eigenthümlich sind von der Decke herabhangende Steinzapfen, welche nicht durch Herabtröpfeln und Absetzungen von kalkhaltigem Wasser, sondern durch Feuer entstanden sind. Sie sind äußerlich der Lava ähnlich, haben eine geglättete Oberfläche und rothe oder aschgraue Farbe; inwendig sind sie theils löcherig, theils mehr oder weniger dicht. Auch die Wände der Höhle sind mit einer glasartigen Masse überzogen, welche an einigen Stellen schwarz, meist aber grünlich und der gewöhnlichen Töpferglasur ähnlich ist. Die ganze Höhle ist wahrscheinlich durch einen Lavastrom entstanden, dessen Hitze sowohl die Wände als das Deckengewölbe in Schmelzung brachte; durch das spätere Herabträufeln der flüssigen Masse von der Decke entstanden dann, indem sie allmählig erkalteten, die großen herabhangenden Zapfen. Tiefer im Innern zeigen sich zu beiden Seiten Eingänge zu Nebenhöhlen, in deren einer man große Knochen von Ochsen fand. Vor dem Eingange einer anderen Nebenhöhle sieht man einen von Lavastücken gebildeten Wall, der offenbar von Menschenhänden errichtet ist und die Schanze heißt. Diese Stelle soll ehemals als Zufluchtsort für Verbrecher gedient haben. Nicht weit davon findet sich wieder ein großer Haufen von Ochsen- und Schaafknochen. Die Knochen sind so mürb, daß man sie zwischen den Fingern zerreiben kann. Geht man weiter fort, so wird die Höhle endlich so schmal und eng, daß man ihr Ende erreicht zu haben glaubt, doch auf einmal wird sie wieder weit, man gelangt auf einem ziemlich abschüssigen Wege zu einem kleinen See, dessen Grund gefroren ist, so daß man auf dem Eise gehend, bis an

die Kniee im Wasser waten muß. Steinzapfen hangen von der Decke herab wie dünne Eiszapfen oder Wachskerzen, von dunkelgrau grünlicher Farbe, äußerlich verglast, inwendig porös. Noch weiter hin wird in der Höhle die Luft immer dicker und dunkler, so daß die Fackel kaum 2 bis 3 Schritt weit leuchtet, der Pfad geht immer weiter abwärts, und bald findet man die Wände und den Boden mit dickem Eise überzogen, von der Decke hangen lange starke Eiszapfen herab. Als sehr merkwürdig wird angeführt, daß diese Eiszapfen mit regelmäßigen fünf- und siebeneckigen Figuren besetzt waren, welche zusammenstießen und das Ansehn haben, wie die netzartigen Falten der innern Haut des zweiten Magens bei wiederkäuenden Thieren. Sie befanden sich im Eise selbst, das übrigens glatt und durchsichtig war. Von hier an steigt man in der Höhle wieder aufwärts, die Luft wird wieder dünner, der Boden ist mit einem mehre Zoll hohen Lage von einer feinen, bräunlichen, feuchten und zähen Erde bedeckt. Auch hier fand man einen, von Menschenhänden errichteten Steinhaufen. Die Höhle wird endlich so schmal, daß man nicht weiter vordringen kann. Sie hat bis dahin eine Länge von 839 Klaftern.

In Amerika befindet sich eine der größten Höhlen der Erde, nähmlich die Höhle im Staate Kentucky in Nordamerika. Ein Engländer Wards hat sie durchsucht und beschrieben. Der Eingang zu dieser Höhle befand sich auf dem Grunde einer 40 F. tiefen Grube, welche 120 F. im Umfange hatte. Wards wanderte 19 Stunden in dieser Höhle und versichert, doch nur kaum die Hälfte derselben gesehen zu haben. Er fand beim Eintritt den Weg derb und glatt, wie ein gutes Pflaster, die Wände überall senkrecht und das Deckengewölbe sehr regelmäßig gebaut. Sechs englische Meilen vom Eingange befindet sich die sogenannte Hauptstadt, eine große Fläche, welche über 8 Acker Land enthält, ohne einen einzigen Pfeiler, der das wenigstens 100 F. hohe, den ganzen Raum bedeckende Gewölbe unterstützte. Der Boden ist mit herabgefallenen Kalksteinen und Salpetererde bedeckt. Von dieser Halle laufen 5 Gänge aus von 60 — 100 F. Weite und 40 — 80 F. Höhe. Bis zu dieser Höhe steigen die Wände senkrecht empor, erst dann beginnt die Wölbung. Zum Theil stehen diese verschieden gewundenen Gänge unter einander in Verbindung. Nachdem Wards auf dem einen dieser Gänge nordwärts 2 engl. Meilen fortgegangen, kam er zur zweiten Stadt, gleichfalls ein Gewölbe von beinahe 200 F. Höhe im Mittelpunkte, aber nur mit 2 weiter fortführenden Gängen. Auf einer dritten Fläche von etwa 100 F. Breite und 50 F. Höhe sah Wards einen etwa 30 F. über dem Boden aus der Wand hervorbrechenden Strom reinen klaren Wassers, der auf einiges gebrochnes Gestein fiel und dann ganz aus den Augen sich verlor. Zu einer vierten Stadt gelangte Wards durch Uebersteigung eines steilen, ziemlich hohen Hügels. Diese Stadt war gegen 6 Acker groß. Hier fand er über 20 große Hauffen Salpetererde und eine Menge gebrochner Kalksteine über einandergehäuft, welche er für Menschenwerk erkennt. Das Gewölbe einer fünften Stadt bedeckt einen über 4 Acker Land haltenden, ebenen, mit Kalksteinbruchstücken bedeckten

Boden. Wards brachte aus der Höhle außer mehren Versteinerungen und Mineralien eine weibliche Mumie mit, welche etwa 6 F. hoch und so vertrocknet war, daß sie nur 20 Pf. wog; sie war einige Tage vor Wards Besuch der Höhle von Arbeitern 3 Meil. vom Eingange 8 F. tief, zwischen 4 Kalksteinblöcken gefunden worden. Die Arbeiter waren in der Höhle mit Graben von Salpetererde beschäftigt. Wards erzählt, daß er auch schöne Tropfsteingebilde gefunden habe, besonders prächtig aber hätten sich in der Beleuchtung einige, von der Decke bis zum Boden reichenden Säulen aus Marienglas ausgenommen. Die Luft in der Höhle war wegen des vielen darin vorhandenen Salpeters sehr rein, so daß Wards, als er beim Heraussteigen wieder die atmosphärische Luft einathmen mußte, fast ohnmächtig geworden wäre. — Sehr groß ist ferner die Höhle bei Quertlavaca in Mexico, deren Ende man noch nicht hat erreichen können.

Die Höhle von Guacharo in Neu-Andalusien (zur Republik Columbia gehörig), haben Alex. v. Humboldt und Bonplandt am 18. Sept. 1800 in großer Begleitung besucht. Der Eingang der Höhle soll einen höchst erhabenen Anblick gewähren; der Pflanzenwuchs zieht sich bis auf 40 F. tief in das Innere der Höhle hinein, die sich in einem einzigen Gange von Südost nach Nordwest ausdehnt und dabei ohne alle Krümmung fortgeht, so daß sie bis auf 430 F. weit vom Tageslichte erleuchtet wird. In dieser Höhle hält sich eine ungeheure Menge einer besonderen Art Nachtvögel auf, welche Guacharo heißen, von der Größe unserer Hühner sind, den Rachen einer Nachtschwalbe und den Wuchs eines Geiers haben. Das Gefieder ist von dunkler blaugrauer Farbe, mit kleinen schwarzen Streifen und Punkten vermengt. Die Augen dieses Vogels können das Tageslicht nicht vertragen, weßwegen er die Höhle nur bei Nacht, vorzüglich zur Zeit des Mondscheines verläßt. Die Guacharo's haben eine scharfe durchdringende Stimme. Sie verursachen im Innern der Höhle ein gewaltiges Geräusch, um so mehr, wenn sie vom Lichte der Fackeln aufgeregt werden. Guacharo bedeutet auch im Castilianischen einen, der schreit und jammert. Zur Zeit des Festes Johannis des Täufers ziehen die Indianer mit langen Stangen in die Höhle, um einen großen Theil der Nester jener Vögel zu zerstören. Diese Nester befinden sich in einer Höhe von ungefähr 60 F. in trichterförmigen Löchern der Höhle, welche es in Menge gibt. Er werden Tausende der Guacharo's getödtet um des Fettes willen, welches sich unter dem Bauchfelle derselben, namentlich der jüngern findet. Dieß Fett wird sogleich über einem vor der Höhle unterhaltenen Feuer geschmolzen und in irdenen Gefäßen gesammelt. Es ist halbflüßig, durchsichtig, geruchlos und so rein, daß es, ohne ranzig zu werden, über ein Jahr lang aufbewahrt werden kann. Das tiefe Innere wagen die Indianer nicht zu betreten, weil sie es für die Wohnung der Geister ihrer Voraltern halten. In der Höhle entspringt ein Fluß, welcher 28 bis 30 F. breit ist. Der Weg geht meist an seinen Ufern fort, nur zuweilen wird das Bett des Flusses durch hohe Tropfsteinmassen so eingeengt, daß man in das Wasser treten muß, welches nur 2 F. Tiefe hat. Längs dem Flusse behält

die Grotte 1458 F. vom Eingange noch ihre ursprüngliche Richtung, die nämliche Weite und Höhe von 60 bis 70 F. Am Ende dieses Raumes steigt aber plötzlich der Boden unter einem Winkel von 60° aufwärts und der Fluß bildet einen kleinen Wasserfall. Blickt man von hier aus gegen den Eingang der Höhle zurück, so gewährt die demselben gegenüberliegende reich bewachsene Landschaft ein reizendes Schauspiel. Vom finstern Deckengewölbe hangen Tropfsteinsäulen herab und bilden mit dem fernen grünen hell erleuchteten Hintergrunde den wunderbarsten Abstich. Die Grotte wird nun merklich schmäler und niedriger, verlängert sich aber nach Nordost hin. Das Wasser des Flusses setzt in diesem Theile der Höhle eine schwärzliche, feine und lockere Erde ab. Durch dicken Koth gelangt man zu einer Stelle, wo die Fortschritte des unterirdischen Pflanzenwuchses in Erstaunen setzten. Die Früchte, welche die Vögel zur Nahrung ihrer Jungen in die Höhle tragen, keimen überall, wo sie sich in dem die kalkigen Ueberrindungen deckenden Erdreich befestigen können. Dünn aufgeschossene, mit einigen Blätterspuren versehene Stämmchen hatten eine Höhe von 2 F. erreicht. Weiter vorzudringen waren die Humboldt begleitenden Indianer nicht zu vermögen.

Die Höhlen auf den Inseln Elephanta und Salsette in der Nähe vom Bombay in Ostindien sind, wenn auch nicht gänzlich von Menschenhänden angelegt, doch von diesen mehr oder weniger verändert, die Seitenwände behauen, neue Oeffnungen gebrochen, Pfeiler errichtet u. s. w. Die Höhlen in Elephanta sind höchst wahrscheinlich Tempel und Begräbnißplätze der alten Indier gewesen. Zuerst gelangt man in einen Vorplatz, welcher von Osten nach Westen 60, und von Norden nach Süden 16 F. mißt. Diese, so wie die übrigen Abtheilungen der Höhle sind mit roher Bildhauerarbeit verziert: menschliche, großentheils mißgestaltete Gebilde, welche sich auf Mythologie und Gottesdienst der Indier beziehen. Die Gesammtlänge des Hauptraumes der Höhle beträgt 130 F., die Breite 110 F. Das Deckengewölbe ruht auf 4 Reihen Pfeiler, welche 15 F. von einander stehen und zum Theil Werke der Natur, zum Theil der Kunst sind. Die westliche Oeffnung dieses großen Hauptraumes führt in eine viereckige Halle, welche oben offen und 40 bis 50 F. durch den dicken Felsen gebrochen ist. In dieser befinden sich 2 kleine Gemächer und eine unregelmäßige Höhle voll Wasser, welche tief hinein fortgeht, ohne daß das Auge eine Grenze gewahren kann. Aehnlich ist auf Salsette die Höhle von Ambola. Man gelangt durch einen 42 F. langen Gang zu einer Treppe von 7 Stufen, welche zu dem Haupteingange der Höhle führt. Eine Vorhalle führt zum Hauptraume, welcher ein Viereck von 88 F. Seitenlänge ist. In diesem befinden sich zwei kleinere Vierecke, wovon das äußere durch Pfeiler gebildet wird, die mit den Seiten der Wände in einer Entfernung von 15 F. parallel laufen. Diese Pfeiler haben eine Höhe von 13 bis 14 F. und gleichen denen in der Höhle zu Elephanta. Im Innern dieses Vierecks steht ein anderes, ebenfalls in einer Entfernung von 15 F., welches durch eine dichte Mauer eingeschlossen ist, die auf jeder Seite eine Thüre hat. — Bei Kanara

nördlich von Ambola ist ein großer Berg, von allen Seiten mit solchen Höhlen angefüllt. —

Zu den durchaus oder doch größtentheils durch Ausgrabungen, also durch Kunst entstandenen Höhlen, gehört das schon im Alterthume sagenhaft bekannte Labyrinth auf Creta (Candia). Dasselbe besteht aus einer großen Menge, nach verschiedenen Richtungen laufender, verschlungener Gänge 7 bis 8 F. hoch, 6 bis 10 F. breit. Einige Gänge führen zu einer großen Halle mit ungeheuren Pfeilern, und laufen von hier aus weiter, mehre enden vor dichtem Felsen. Ein krummer Gang führt in eine schöne hochgewölbte Grotte, welche wahrscheinlich ein Werk der Natur ist. Die Sandsteinbrüche bei Mastricht im Petersberge, der Stahlberg im Nassau-Siegenschen, die Salzgruben von Wieliczka in Galizien und die Steinkohlengruben bei Whitehaven bieten ebenfalls große künstlich geschaffene Höhlen dar. Nur von den Salzwerken unter der Stadt Wieliczka will ich einige nähere Nachrichten mittheilen. Sie erstrecken sich von Osten nach Westen über 9500 und von Süden nach Norden über 3600 F. bis zu einer Tiefe von 1220 F. Ein Hirte Wieliczk soll 1250 das Salzlager entdeckt haben und dasselbe bald darauf eröffnet worden sein. Es wird in 5 Stockwerken unter einander bearbeitet; die Sohle des ersten liegt nach Beudant 34, die des zweiten 72 und die des fünften 170 Toisen unter Tage, so daß im Durchschnitt jedes Stockwerk 30 T. unter dem anderen liegt. Nach Sydow führen 13 Tageschachte in die Gruben, worunter der Lezko, in welchen eine Wendeltreppe von 470 aus Eichenholz gezimmerten Stufen 200 F. in die Tiefe hinabführt, der Tageschacht Danielowic (als Hauptschacht), der Wodda Góra und der Janiaschacht die merkwürdigsten sind. Die großen Strecken oder Kammern, welche sich durch die Ausarbeitung des Salzes bilden, werden entweder durch Kothsalz oder taubes Gebirge u. s. w. gefüllt, oder sie werden zu Salzmagazinen, Pferdeställen, Faßbinderwerkstätten und dergl. benutzt. In allen diesen Strecken und Kammern herrscht die größte Trockenheit, die so weit geht, daß es in den in Salz gearbeiteten selbst staubt. Etwa 60 bis 70 Kammern sollen sich durch ihre Größe vor den übrigen auszeichnen, und werden vorzüglich von den Fremden besucht. Am sehenswerthesten sind die große Halle, die einem kolossalen gothischen Sale gleicht mit schlanken Säulen und Laubwerk und in der Mitte mit einem großen, 20 F. im Durchmesser haltenden Kronleuchter verziert; der noch größere sogenannte Tanzsal, durch einen kolossalen österreichischen Adler, transparente auf Salztafeln gemalte Bilder und mehre aus Salzkrystallen verfertigte Kronleuchter geschmückt und bei allen größeren Festlichkeiten zum Versammlungs- und Tanzsale dienend, wobei er, gehörig beleuchtet, einen höchst imposanten Eindruck macht und man sich in einen mächtigen unterirdischen Feeenpallast versetzt glaubt; die dem h. Anton geweihte Kapelle, in gothischem Style aus Salz gehauen, mit einem Altar und mehren lebensgroßen Bildsäulen; die kleine Corporis-Christi-Capelle; eine kleinere, geschmackvoll gewölbte Halle, in welcher ein Salzobelisk mit einer sinnreichen lateinischen Inschrift in vergoldeten Lettern aufgerichtet ist. In den

Gruben befinden sich 14 oder 16 Wasserbecken, von denen vier durch Nachen zugänglich sind. Durch die Wieliczkaer Gruben werden 500 bis 600 Arbeiter beschäftigt, welche sich nach achtstündiger Arbeit ablösen. Sie arbeiten bis an den Gürtel nackt, weil das scharfe Salz und der Salzstaub die Kleider sehr angreift. In dem sechsjährigen Zeitraume von 1817 bis 1822 betrug die Salzerzeugung in den Wieliczkaer Gruben 499 Ctr. 20 Pf. Krystallsalz, 1776950 Ctr. 80 Pf. Szybikersalz und 1892642 Ctr. 65 Pf. Grünsalz*), zusammen also 3670092 Ctr. 65 Pf., im Durchschnitte also jährlich 611682 Ctr. — Auch das Labyrinth in Aegypten ist ein mächtiges Grubenwerk gewesen. Dasselbe bestand aus 300 Gemächern, von denen die Hälfte unter der Erde sich befanden. Endlich sind auch die Katakomben bei Rom und Neapel (wie das Labyrinth Begräbnißplätze) hierher zu rechnen.

Von den sehr merkwürdigen Eishöhlen ist im Art. Eis Bd. II. S. 68. gesprochen.

Hörrohr ein Instrument zu Verstärkung des Schalles, dessen schwerhörige Personen sich bedienen. Die gewöhnlichste Form, welche man demselben gibt, ist (Fig. 59.) die eines inwendig hohlen parabolischen Kegels. Die in die weite Oeffnung AC gleich mn und m'n' einfallenden Schallstrahlen, werden im Brennpunkte o vereinigt und von da durch das Rohr fg dem Ohre zugeführt. Das Ende g muß folglich der Schwerhörige in das Ohr hineindrücken. Daß wirklich eine Vereinigung der Schallstrahlen stattfinde bei parabolisch gekrümmten Flächen, ergibt sich aus den Sprachgewölben, aber es findet diese Vereinigung nur für die mit der Axe parallelen Strahlen statt, es wird daher ein dem eben angezeigten ähnliches Fernrohr von wenig Brauchbarkeit zur gewöhnlichen Unterhaltung sein. Die trompetenförmigen Hörrohre verstärken den Schall nach Muncke aber nur, wenn sie gekrümmt sind. Besonders gestaltet ist das von Ittard angegebene Fig. 60. abgebildete Hörrohr. Dasselbe besteht aus einer trichterförmigen Oeffnung a, einer Trommel b, die am besten elliptisch gekrümmt ist, und dem in das Ohr zu bringenden eng zulaufenden Theile c. Da durch das Instrument die Töne summend werden, die Rede also verworren klingt, so soll man bei mm und nn künstliche Pauckenfelle von Goldschlägerhaut ausspannen. Fig. 61. und 62. stellen schneckenförmig gekrümmte Hörrohre dar, welche sehr zur Verstärkung des Schalles beitragen sollen. Fig. 62. ist ein wirkliches Schneckengehäuse (man nimmt sie von den Schrauben-, Trompeten- und Kegelschnecken) mit einer metallenen Mündung A und einem gekrümmten Rohre B zur bequemen Einbringung ins Ohr. Ein oder zwei künstliche Paukenfelle bei mm und nn, dienen zu Verdeutlichung der Rede. Besonders wirksam soll endlich die Vorrichtung sein, welche Fig. 63. vorstellt. AA ist der Körper von dünnem Eisen- oder Messingblech, hohl und

---

*) Das Krystallsalz ist das reinste krystallinische Salz; das Szybikersalz und das Grünsalz sind unreines mit Letten vermengtes Salz.

ungefähr eben so tief als hoch. Er ist so gebogen, daß er ziemlich genau auf den Kopf des Schwerhörigen paßt und verläuft sich allmählig in die dünnen Röhren a a. Auf diesen stecken zwei andere ein und zweimal rechtwinklig gebogene hohle Röhrchen, welche so gedreht werden können, daß man ihre Enden n, n in die Gehörgänge beider Ohren bringt. In der Mitte über der Stirn befindet sich eine Oeffnung m m, welche nur etwa 1,5 Z. lang und 0,75 Z. breit ist. Durch diese gelangt der Schall in die Ohren. Schwerhörige Damen können den ganzen Apparat unter einer Haube von leichtem Zeuge tragen. Ueber andere Mittel zu Erleichterung eines schweren Gehöres s. d. Art. Ohr.

Hof heißt ein heller, oft farbiger Ring, von dem zuweilen der Mond oder die Sonne, auch wohl die größeren Planeten und Fixsterne umgeben erscheinen. Zuweilen hat die Sonne oder der Mond mehr als Einen derartigen Ring. Der Durchmesser dieser Ringe ist sehr verschieden, es gibt Höfe von 2° bis 45°, ja selbst von 90°. Im Allgemeinen haben sie ihren Grund in den die Atmosphäre erfüllenden Dünsten; sie erscheinen in den gemäßigten und kalten Zonen, weder bei Schnee und Regenwettern, noch bei völlig reinem Himmel, sondern dann, wenn die Atmosphäre mit dünnen und gleichförmig vertheilten Dunstschichten geschwängert ist, und stehen dann stunden-, selbst tagelang am Himmel. Besonders häufig sind sie in den kalten Zonen beobachtet worden, aber auch zwischen den Wendekreisen hat man sie bemerkt. Nach v. Humboldt zeigen sich fast in allen Nächten, sogar zur Zeit der größten Trockenheit in der heißen Zone schöne prismatische Farben, welche oft während weniger Minuten mehremal verschwinden. Zwischen 15° Breite und dem Aequator beobachtete Humbolt selbst um die Venus farbige Höfe von rother, rothgelber und veilchenblauer Farbe. Doch konnte er niemals Höfe um den Sirius oder Canopus entdecken. Zu Cumana in Südamerika beobachtete Humboldt am 17. Aug. 1799 einen Hof um den Mond. Das Hygrometer besagte eine starke Feuchtigkeit, während die Atmosphäre vollkommen durchsichtig war. Als der Mond nach einem Gewitterregen über dem Schlosse St. Antonio erschien, erblickte man zwei Kreise, einen großen weißlichen von 44° Durchmesser und einen kleinen von 1° 53′ Breite, welcher in allen Farben des Regenbogens glänzte. Zwischen beiden Höfen war der Raum vom tiefsten Himmelblau. Die Höfe verschwanden bei 40° Höhe des Mondes, obschon die meteorologischen Werkzeuge nicht die geringste Veränderung in den unteren Luftbezirken anzeigten. Die Mondscheibe stand, wie eine genaue Messung zeigte, nicht genau in der Mitte der Höfe. Nach Förster sind folgende 6 Hauptformen der Höfe um Sonne und Mond zu unterscheiden.

1) der einfache Hof. Es ist ein lichter, einen bald größern, bald kleinern Raum einschließender Kreis oder Ring, in dessen Mittelpunkt sich die Sonne oder der Mond befindet. Höfe dieser Art sind die gemeinsten, doch erscheinen sie um den Mond häufiger als um die Sonne. Im letztern Falle glänzen sie mit den Farben des Regensbogens, obwohl nicht so lebhaft als dieser selbst.

2) der **doppelte Hof** besteht aus zwei mit einander gleichlaufenden Ringen, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt die Sonne oder der Mond ist. Er kommt nicht häufig vor.

3) der dreifache Hof, der aus drei solchen Ringen besteht, kommt noch seltener vor. Häufiger ist

4) der **scheibenförmige Hof** ist ein Ring, welcher einen Raum einschließt, der merklich lichter ist als der übrige Theil des Himmels, und gleichfalls die Sonne oder den Mond zum Mittelpunkt hat. Sein Durchmesser pflegt kleiner als der der andern Höfe zu sein. Er ist nicht so gar selten.

5) **der Kranz** unterscheidet sich von den eigentlichen Höfen und insbesondere von dem scheibenförmigen Hofe dadurch, daß er nicht in einer dünnen Dunstschicht, sondern in dünnen Wolken, und zwar meist in federigen Schicht- oder Haufenwolken zum Vorschein kommt. Die zunächst rings um die Sonne oder den Mond liegenden Theile der Wolke erscheinen weit lichter, als der übrige Himmel, zeigen auch wohl die Farben des Regenbogens, ohne jedoch, wie beim scheibenförmigen Hofe, durch einen Ring begränzt zu sein. Dergleichen Kränze sind von verschiedener Größe, meist nur von 2° bis 5°, selten über 10° im Durchmesser.

6) Der **doppelte Kranz** besteht aus zwei solchen lichten Kreisflächen, deren innere lebhafter leuchtet als die äußere. Diese Form kommt nicht so gar selten vor und geht zuweilen in die vorige über, oder umgekehrt. Sehr selten sind drei- und vierfache Kränze.

Dem Ursprunge nach sind wesentlich zu unterscheiden die **kleinen** und **großen Höfe**. Die **kleinen Höfe um Sonne und Mond** verdanken ihren Ursprung den kleinen Dunstbläschen in der Atmosphäre, wie man sich durch den Versuch überzeugen kann, wenn man eine reine Glasscheibe leicht anhaucht, und sodann durch dieselben ein entferntes Licht betrachtet. Dann erscheint das Licht von einem Hofe umgeben, welcher nahe am Lichte blaulich weiß ist und sich in Gelb und Roth endigt. Der Hof ist desto größer und lebhafter, je feiner die angehauchten Dunstbläschen sich angelegt haben. Haucht man das Glas stärker an, so daß sich größere und ungleiche Dunstbläschen festsetzen, so erblickt man das Licht nur noch von einem blassen Scheine umgeben. Bei der vollkommensten Ausbildung eines Hofes um den Mond, ist derselbe zunächst von Weiß umgeben, welches in einiger Entfernung in Blaulichweiß übergeht, an das ein gelber und dann ein rother Ring sich anschließen; eine zweite Farbenfolge besteht aus Violett, Blau, Grün, Gelb, Roth und eine dritte meistens nur aus Grün, verwaschenem Gelb und Roth. Bisweilen kommt noch eine vierte Farbenfolge von Grün und Roth hinzu. Die Erscheinung tritt in ihrer Vollkommenheit nur auf, wenn die Dunsttheilchen sehr gleichmäßig an Größe und Entfernung sind. Wenn die dünnen Wölkchen, welche **Howard** cirro-stratus nennt (s. d. Art. **Wolken**) am Monde vorüberziehen, so erscheint oft nur auf wenige Minuten ein schöner Hof um den Mond. Seltener als am Monde erblickt man die Sonne von Farbenreifen umgeben, indem das helle Licht derselben die Augen zu sehr blendet, bei

dickeren Wolken die Höfe nicht mehr schön sind. Betrachtet man an Tagen, wo recht zarte Wölkchen an der Sonne vorüber ziehen, die Sonne im Wasser, so erblickt man bisweilen schön gefärbte Stücke dieser Höfe, selten jedoch einen ganzen Hof. Bei der Sonne sind aber die Farben bei weitem glänzender als beim Monde und haben oft eine große Reinheit. Das Phänomen der kleinen Höfe ist eine Erscheinung der Beugung des Lichtes (s. d. Art.) an den Dunstbläschen der Atmosphäre. Um auf die bekannten Erscheinungen der Beugung die Höfe zurückzuführen, gibt Brandes folgenden Versuch an.

Man nehme ein dünnes Florband, worin die überall gleich dicken Fäden regelmäßig gewebt sind, halte es so, daß die eine Fädenreihe vertical, die andere horizontal läuft, vor das Auge, und sehe durch dasselbe nach einer entfernten Lichtflamme, so sieht man erstlich neben dem Lichte an beiden Seiten mehre einander zum Theil deckende Lichtflammen, die einen hellen, gegen den Rand hin rothen Raum ganz ausfüllen; dann folgt horizontal neben diesen Flammen ein dunkler Raum, an den sich ein schönes farbiges Bild der Lichtflammen, mit der blauen Seite nach dem Hauptlichte gekehrt, und dann Grün, Gelb, Roth zeigend anschließt; neben diesem sieht man wieder einen dunkeln Raum und dann ein eben so wie das vorige, gefärbtes Bild. Eben solche wiederholte Bilder der Lichtflamme sieht man oberwärts und unterwärts, wo sie aber wegen der Länge der Lichtflamme sich mehr einander decken. Entfernt man sich weit vom Lichte, so erscheinen die hellen, den innern Raum ausfüllenden Lichtflammen mehr getrennt, weil ihre scheinbaren Abstände von einander gleich bleiben, während die scheinbare Größe jeder Flamme kleiner wird; die hinaufwärts oder herabwärts einander folgenden Bilder dagegen, die der Hauptflamme am nächsten liegen, decken ihrer größern Länge wegen auch dann noch einander. — Diese vier Reihen wiederholter Lichtbilder, liegen nach der Richtung der Fäden des Bandes, und wenn man die horizontalen Fäden und damit auch die verticalen Fäden in eine schiefe Lage bringt, so nehmen die Lichtschweife eben die schiefe Lage an; legt man zwei Theile des Florbandes so über einander, daß die Fäden sich unter halbrechten Winkeln durchkreuzen, so erhält man acht Lichtschweife; und könnte man die Fäden nach allen Richtungen gehend anbringen, so würde sich um den innern lichten Raum, der sich mit Roth einfaßt, ein Ring zeigen, der die ganze Farbenfolge und das Blau nach innen, das Roth nach außen, darböte; dann ein dritter Ring mit eben der Farbenfolge u. s. w. Diese Farbenfolge kann indeß bei leuchtenden Körpern von erheblichem Durchmesser nicht rein erscheinen, da eigentlich jeder leuchtende Punkt um sich einen runden Hof haben sollte, wo dann offenbar die Farben des einen auf andere Farben des andern fallen, auf eine Weise, die sich leicht näher untersuchen ließe.

Frauenhofer hat die Erscheinung der Höfe aus der Beugung des Lichtes an den Dunstkügelchen mit Genauigkeit nachgewiesen. Er beweist, daß diese Beugung grade so vor sich gehe, als wenn das Licht durch eine Oeffnung von einem dem Kügelchen gleichen Durchmesser geleitet würde, und überzeugte sich, daß man im Gesichtsfelde eines

achromatischen Fernrohres, die einem Hofe der kleineren Art völlig ähnlichen Farbenringe sieht, wenn man vor dem Objectivglase sehr viele, ungemein kleine Glaskügelchen von beinahe gleicher Größe anbringt, und durch eine runde Oeffnung einen starken Lichtstrahl darauf leitet. Diese Ringe sind desto größer, je kleiner die Glaskügelchen sind. Es stellen nun die kleinen Scheibchen in Fig. 64. Dunstkügelchen vor, auf welche von der Sonne oder dem Monde S directe parallele Strahlen auffallen, die am Rande jedes einzelnen Kügelchens gebeugt werden, und nach der Beugung unter verschiedenen Winkeln ausfahren. Gesetzt es fahren die vom Kügelchen b gebeugten so aus, daß rothe Strahlen, welche den ersten Ring bilden, ins Auge o gelangen, so werden die rothen des zweiten und dritten Ringes das Auge verfehlen und den Weg bf, bg einschlagen. Dafür können vom Kügelchen a die rothen des zweiten Ringes nach o gelangen. Auf ähnliche Weise geschieht es mit den Strahlen von anderen Farben. Sind nun die Dunstkügelchen im ganzen Raume nach allen Richtungen zerstreut, so sieht das Auge o Farbenringe um S, wovon der erste rothe in einem Abstande boS, der zweite rothe in einem Abstande aoS vom leuchtenden Körper erscheint. Haben die Dunstkügelchen beinahe einerlei Größe, so haben alle homogenen Ringe einerlei Durchmesser, sie fallen auf einander und verstärken den Eindruck jedes einzelnen; haben sie aber eine verschiedene Größe, so fallen die Ringe von verschiedener Farben an denselben Platz, die Farben werden matter oder verschwinden ganz, so daß nur ein heller Ring um den leuchtenden Körper übrig bleibt. Sind die Dunstkügelchen groß, so werden die Farbenringe sehr klein und können um größere und heller leuchtende Gestirne nicht mehr gesehen werden, theils weil ihr Licht in so großer Nähe bei leuchtenden Körpern verschwindet. In diesem Falle können aber noch um Fixsterne Höfe erscheinen.

Frauenhofer hat die Größe der Radien der verschiedenen rothen Ringe berechnet; dieselbe ist abhängig von der Größe des Durchmessers der Dunstkügelchen. Bezeichnet nämlich d diesen Durchmesser in Pariser Zolle und r′ den Halbmesser des ersten rothen Ringes, r″ den des zweiten, r‴ den des dritten, so ist

$$r' = \frac{0{,}0000257}{d};\ r'' = r' + \frac{0{,}0000214}{d};\ r''' = r'' + \frac{0{,}0000214}{d}.$$

Hiernach hat nun Frauenhofer drei einzelne Beobachtungen über Höfe berechnet, und gefunden, daß bei der einen von Jordan angestellten d = 0,00191 Zoll, bei einer zweiten von demselben angestellten d = 0,000578 und bei einer dritten von Newton gemachten Beobachtung d = 00113 Zoll war.

Die einfachste Bestätigung der Frauenhofer'schen Erklärung von der Entstehung der Höfe ist, daß, wenn man durch eine leicht angehauchte Fensterscheibe einen entfernten leuchtenden Körper oder auch den Mond betrachtet, man denselben mit einem Hofe umgeben sieht, und zwar ist dieser Hof um so ausgebildeter, je dünner der Dunstüberzug am Fenster ist. Eben so erblickt man in einem mit Dünsten erfüllten Zimmer farbige Schimmer um die Lichter, welche sich als förmliche

Höfe zeigen würden, wenn nicht hier die Dünste zu unruhig bewegt wären.

Aus denselben Ursachen, aus denen die kleinen Höfe um Sonne und Mond sich bilden, entstehen auch diejenigen Höfe, welche zuweilen um den Schatten des eigenen Kopfes im Nebel gesehen worden. Bouguer sah auf dem Pichincha in Peru in dem Augenblicke, in welchem die Sonne aufging, auf einer weißen etwa 30 Schritte von ihm entfernten Wolke, seinen eigenen Schatten, und zwar den Kopf mit drei oder vier kleinen, unter sich gleichlaufenden regenbogenartigen Kreisen umgeben, welche sehr lebhaft glänzten. In einer ziemlichen Entfernung waren diese farbigen Kreise von einem großen weißen Kreise umschlossen. Er hatte einen Durchmesser von 67°; die Durchmesser der kleinen Kreise waren $5\frac{2}{3}$, 11 und 17 Grad. Aehnliches beobachtete v. Gersdorf auf der Tafelfichte, und auch auf dem Brocken ist diese Erscheinung unter dem Namen des Brockenschattens bekannt. Mac Fait sah dieselbe Erscheinung auf einem Hügel in Schottland. Ueber das Vorkommen dieser Höfe, namentlich in den Polargegenden berichtet Scoresby d. J. folgendes: „Höfe oder helle Kreise lassen sich sehen, wenn Sonnenschein und Nebel zugleich vorhanden sind. Dieß geschieht in den Polargegenden oft, wo die Nebel nicht selten aus einer dünnen Schicht bestehen, die auf der Oberfläche des Meeres ruht und sich nur zu einer Höhe von 150 bis 180 engl. Fuß erstreckt. Alsdann kann man Gegenstände auf dem Wasser in einer Entfernung von 300 F. und weniger kaum erkennen, während die Sonne nicht bloß sichtbar ist, sondern fast mit eben so großem Glanze wie bei hellem Himmel erscheint. Unter solchen Umständen wird ein Beobachter auf dem Mars (Mastkorbe) des Schiffes 90 bis 100 F. über dem Meeresspiegel einen oder mehre farbige Kreise auf dem Nebel sich bilden sehen. Im letztern Falle sind die Kreise alle concentrisch (haben denselben Mittelpunkt) und der Mittelpunkt derselben liegt in der geraden Linie, die aus der Sonne durch das Auge des Beobachters nach der Nebelwand geht, in einem Abstande von 180° von der Sonne oder ihr gerade entgegengesetzt. Die Anzahl der Kreise wechselt von Einem bis zu vier oder fünf. Gemeiniglich sind sie dann am zahlreichsten und die Farben am glänzendsten, wenn die Sonne recht hell scheint und der Nebel recht dicht und niedrig ist. In allen Fällen erscheint der Schatten vom Kopfe des Zuschauers in dem Mittelpunkte der Kreise, und außerdem erblickt man auch den Schatten des übrigen Körpers, oder der den Beobachter zunächst umgebenden Gegenstände z. B. des Mars, der Masten und Segel. Der innere Kreis, welcher zunächst um den Mittelpunkt geht, ist so klein, daß wenn er recht glänzt, er eine Art von Gegensonne oder eine Glorie um den Kopf des Beobachters bildet."

Der Entstehung nach verschieden von der eben erwähnten ist eine andere Erscheinung, welche gleichwohl als übrigens analog, hier erwähnt werden mag. Bei sehr niedrigem Stande der Sonne nämlich erblickt man zuweilen den Schatten seines eigenen Kopfes von einem hellen Scheine umgeben, welcher sich besonders über den oberen Theil des Schattens weiter forterstreckt. Am besten erblickt man diesen Schein,

wenn der Schatten auf eine mit Gras, Korn u. dgl. bewachsene Ebene fällt, zumal wenn die Grashalmen mit Thau bedeckt sind. Man erblickt nämlich von dem nahe um den Schatten des Hauptes liegenden Grashalmen den Spiegelglanz von der Oberfläche sowohl, als von der Rückseite der Thautropfen (gemäß der Bildung des Schattens, s. d. Art.), auch erblickt man von diesen Grashalmen grade die erleuchtete Seite, wogegen die weiter seitwärts gelegenen Halme uns mehr oder weniger ihre dunkle Seite zukehren. Da ferner die oberhalb des Schattens liegenden Halme alle die erleuchtete Seite uns zuwenden, so erblicken wir nach dieser Richtung hin den Schein um das Haupt ausgedehnt. Es ist klar, daß sich nur das Auge dessen, der den Schatten wirft, in derjenigen Stellung befindet, welche nöthig ist, um die Erscheinung überhaupt wahrzunehmen. Gewöhnlich treten bei diesem Phänomen keine Farbenerscheinungen auf, diese können jedoch stattfinden, wenn bei zahlreichen sehr feinen Thautropfen (ähnlich wie beim Nebel) die Beugung der Lichtstrahlen Farbenkreise hervorbringt.

Die großen Höfe um Sonne oder Mond kommen in etwa 22° und 44° Entfernung von den genannten Gestirnen vor und sind sehr oft mit Erscheinungen von Nebensonnen oder Nebenmonden in Begleitung. Zugleich erscheinen oft andere horizontale und verticale oder auch schief liegende Kreise. Brandes gibt eine Beschreibung des ganzen Phänomens, wie es bei seiner vollkommensten Ausbildung erscheint. Bei dieser ist die Beobachtung eines am 29. Juni 1790 in Petersburg gesehenen Phänomens von Lowitz zu Grunde gelegt, und Beobachtungen von Kries und v. Hoff in Gotha am 12. Mai 1824 und Schult, Hansteen und Segelke am 27. März 1826 in Norwegen sind berücksichtigt worden.

„Bei einer mit Dünsten gleich einem Nebel erfüllten Atmosphäre, zeigte sich die in Petersburg beobachtete Erscheinung von 7½ Uhr bis 12½ Uhr, jedoch nicht immer gleich vollständig. Die Haupttheile des Phänomens waren folgende: 1) Ein Ring von ungefähr 22 Grad Halbmesser, welcher die Sonne umgibt. Er zeigt an der innern Seite Roth und an der äußern Seite ein ins Bläuliche gehendes Weiß. Lowitz sah statt dieses gewöhnlich einfachen Kreises zwei sich oben und unten durchschneidende Kreise (Fig. 65.) bdce, und die norwegischen Beobachter sahen sogar drei, welches beides ungewöhnlich ist. Nach Aepinus Beobachtungen kommen die seitwärts liegenden Bogen, die er als elliptische Bogen ansieht, öfter vor. 2) Ein Kreis, welcher die Sonne zum Mittelpunkte hatte, zzz und ebenfalls farbig erschien. Aus andern Beobachtungen ist bekannt, daß dieser Kreis reinere Regenbogenfarben zu zeigen pflegt als der erstere, und daß sein Halbmesser doppelt so groß ist als der des erstern. Das Roth ist auch hier der Sonne am nächsten. 3) Ein weißer, farbenloser horizontaler Kreis abzfhgc, welcher durch die Sonne geht und den ganzen Himmel umgiebt. 4) Auf diesem standen bei dem petersburger Phänomen fünf Nebensonnen. Zwei derselben x und y standen etwas außerhalb des kleinen Ringes, statt daß man sie gewöhnlicher in dem Durchschnitte dieses Ringes mit dem Horizontalkreise sieht; sie waren

gefärbt und kehren allemal der Sonne ihre rothe Seite zu, sie hatten lange glänzende Schweife, die sich nach xx′, yy′ auf dem Horizontalkreise fort erstreckten; die farbigen Bogen xi, yk, die Lowitz als von ihm ausgehend beobachtete, sind sonst wohl nie gesehen worden. 5) Die dritte Nebensonne oder Gegensonne h stand auf dem Horizontalkreise der Sonne gerade gegenüber, sie war weiß und blaß. 6) Die vierte und fünfte Nebensonne f und g waren ebenfalls weiß, und haben sich auch bei allen über sie vorhandenen Beobachtungen so gezeigt, sie sind zwar schon ein seltnerer Theil der Erscheinung, aber doch manches Mal gesehen worden, und nach einer ältern Beobachtung scheinen sie da zu stehen, wo ein Kreis um die Sonne, von 90 Grad Halbmesser, jenen Horizontalkreis schneidet. 7) Oben am innern Ringe bei d war ein so lebhafter Glanz, daß das Auge ihn kaum zu ertragen vermochte. Hier, genau vertical oberhalb der Sonne ist auch der gewöhnlich einfache Ring sehr oft viel glänzender, und man sieht hier zuweilen einen gegen die Sonne convexen Bogen, der alsdann den Bogen ganz entsprechend scheint, welchen 8) Lowitz in ref am untersten Punkte jenes Ringes sah, und den er als sehr hell und breit, aber von kleinerm Halbmesser als irgend einen der andern beschreibt. 9) Am obern Punkte z des größern Ringes erschien ein Bogen pzq, der convex gegen die Sonne war. Merkwürdig ist, daß dieser gegen die Sonne convexe Bogen mit eben den schönen Regenbogenfarben, wie zzz ziemlich oft gesehen wird, wenn auch zzz selbst fehlt, daß er aber auch dann senkrecht über der Sonne in derselben Entfernung steht, die der Ring zzz zu haben pflegt. 10) Ferner sah Lowitz zwei Kreisbogen hld und hmd, die durch die Gegensonne gingen und die er als durch d, den obern Punkt des innern Ringes gehend, zeichnet. Sie waren weiß und so blaß, daß manche Personen sie nicht erkennen konnten; Lowitz sagt, sie begegneten einander in der blendenden Helle in d nahe bei der Sonne; da aber Schult sie als durch die Sonne selbst gehend zeichnet, so bin ich sehr geneigt auch bei Lowitz's Beobachtung anzunehmen, daß sie sich erst in der Sonne selbst durchkreuzt haben würden, wenn das Auge sie deutlich genug hätte verfolgen können, und deßwegen stellt die Figur sie auf diese Weise dar. So selten diese Kreise sind, so kommen doch Spuren von ihnen auch bei andern Beobachtern vor, und man findet die Angabe, daß sie sich unter Winkeln von 60 Graden durchkreuzen, was mit Lowitz's Zeichnung und den Angaben der norwegischen Beobachter, auch mit v. Hoff und andern wohl übereinstimmt. 11) Endlich sah Lowitz noch zwei den äußern Ring berührende Kreise tt, vv, deren Berührungspunkte nach der Zeichnung etwa 60 Grade von dem untern Punkte lagen. Sie glichen an Farbenglanz und an Breite ganz dem Regenbogen. Auch sie kommen sehr selten vor; bei den norwegischen Phänomen zeichnet Schult sie in etwas anderer Stellung, ich (Brandes) glaube aber zeigen zu können, daß sie ganz mit den von Lowitz beobachteten übereinstimmen.“ — So bestand das von Lowitz beobachtete Phänomen wie er zum Schluß bemerkt, aus 12 Bogen, unter denen 9 farbige waren, welche sämmtlich das Roth der Sonne zukehrten, und man kann wohl die

Behauptung wagen, daß es wenigstens vier Kreise oder Bogen mehr geben könnte, von denen 2 bei anderen Gelegenheiten wirklich gesehen worden sind."

Bei dem von Kries in Gotha beobachteten Phänomen zeigten sich 6 bis 8 theils vollständige Kreise, theils Bogen, einige in den glänzendsten Farben, andere in einem weniger lebhaften Lichte und 6 verschiedne Nebensonnen gleichfalls in verschiedenem Glanze der Farben und des Lichtes.

Berühmt ist das sogenannte römische Phänomen, welches Scheiner am 20. März 1629 zu Rom beobachtete.

Um die Sonne erblickte man zwei unter sich gleichlaufende (concentrische), farbige, aber an der Seite nicht geschlossene Ringe, von welchen der äußere weit blässer als der innere, und kaum zu erkennen war. Diese zwei Ringe wurden von einem dritten, größern und ganz weißen, oberwärts so durchschnitten, daß er mitten durch die Sonne ging und überall mit dem Horizont gleichlaufend war. Anfangs war dieser Kreis ganz, gegen das Ende der Erscheinung aber entstand an der einen Seite eine merkliche Lücke. An den beiden Punkten, wo er den äußern der beiden farbigen um die Sonne gehenden Ringe durchschnitt, zeigten sich zwei Nebensonnen, die eine schwächer als die andere. In ihrer Mitte leuchteten sie jedoch fast eben so lebhaft als die wahre Sonne; nach dem Rande hin hatten sie Farben wie der Regenbogen, und waren hier auch nicht rund und scharf begränzt, sondern ungleich und verwaschen. Die eine Nebensonne war beständig in zitternder Bewegung, und warf einen feuerfarbnen Schweif von sich, der von der wahren Sonne abwärts gekehrt war. Jenseits des Scheitelpunktes zeigten sich in dem mit dem Horizont gleichlaufenden Kreise noch zwei andere Nebensonnen, zwar nicht so glänzend wie jene, aber runder und gleichfalls nur von weißer Farbe. Die eine derselben verschwand früher als die andere, so wie sich auch der Ring auf dieser Seite zuerst auflöste. Eben so verschwand von den Nebensonnen in dem farbigen Ringe die stärkere eher als die schwächere, und die letztere nahm nach dem Verschwinden jener an Glanze zu und war überhaupt die allerletzte welche verschwand. In den farbigen Kreisen war die rothe Farbe der Sonne am nächsten.

Hevel sah am 20. Februar 1661 zu Danzig 7 Nebensonnen. Drei farbige Kreise gingen um die Sonne, deren äußerster sich noch über den Scheitelpunkt hinaus erstreckte, und über der Sonne also innerhalb des mit dem Horizont gleichlaufenden Kreises erschienen noch zwei Bruchstücke von anderen Kreisen, die wenn sie vollständig gewesen wären, gleichfalls mit dem Horizont und mit dem großen weißen Kreise parallel gelaufen sein würden. Die Nebensonnen befanden sich alle in den Durchschnittspunkten der Kreise und Bogen, nur eine einzige zeigte sich jenseits des Scheitelpunkts in dem großen dem Horizonte parallelen Kreise und der wahren Sonne gegenüber. Auch hatte die eine Nebensonne auf derselben Seite wie bei dem römischen Phänomen oder dem Beobachter zur Rechten, einen ähnlichen feuerfarbenen Schweif, der sich aber nicht gerade aus von der Sonne abwandte, sondern

in einem Bogen fast nach der Richtung des großen Kreises hin sich krümmte.

Nach Brandes muß man, und hierdurch gewinnt das sonst außerordentlich verwickelte Phänomen an Uebersichtlichkeit, drei verschiedene Arten von Kreisen unterscheiden. Zu der ersten Klasse gehören die Kreise, welche durch die Sonne gehen, zu der zweiten diejenigen, welche die Sonne zu ihrem Centrum haben, die eigentlichen Höfe, zu der dritten endlich die unvollkommenen Kreise, welche die Höfe von Außen berühren. Eine vierte Klasse machen noch diejenigen Phänomene aus, welche von zufällig obwaltenden Umständen abhängen. Brandes gibt den Rath, um die Erscheinungen, die sich bei jeder einzelnen Beobachtung darbieten, richtig zu übersehen, die Kreise auf eine Kugel aufzuzeichnen, weil die Zeichnung in einer Ebene die Theile nie alle in ihrer richtigen gegenseitigen Lage darstellen kann. Von den zur ersten Klasse gehörigen Kreisen sieht man am häufigsten den Horizontalkreis, und selbst dann noch, wenn er zu schwach ist um gesehen zu werden, deuten ihn häufig die bei b und c (Fig. 65.) erscheinenden Nebensonnen an. Zuweilen ist mit ihm zugleich ein verticaler, durch die Sonne gehender Kreis vorhanden, der dann entweder bei der Sonne selbst (oder beim Monde, in dessen Nähe man die Erscheinung leichter wahrnimmt), oder in h, der Sonne gegenüber, ein aufrechtes weißes Kreuz hervorbringt.

Nach Venturi leitet Brandes das ganze Phänomen der großen Höfe um Sonne und Mond von feinen Eiskrystallen, prismatischen Eisnadeln ab, welche zur Zeit des Vorkommens der Höfe in der Luft schweben. Das Vorhandensein solcher Eistheilchen in der Luft, kann man im Winter selbst bei ganz heiterem Wetter beobachten. Aus Martens „voyage au Nord" führt Venturi an, daß zuweilen ein Reif in Form kleiner Schneenadeln ins Meer fiel, und daß man diese am besten dann gewahr wurde, wenn die Sonnenstrahlen neben einem schattigen Orte vorbeigingen, indem diese Eispartikeln dann wie Brillanten glänzend sich deutlich wahrnehmen ließen. Brandes setzt hinzu: „Ich selbst habe oft solche Schneenadeln zuweilen bei heiterem Himmel in der Luft schweben gesehn, und ihr zurückgeworfenes Licht wurde, da sie mit einem sehr gelinden Luftzuge so fortzuziehen scheinen, daß ihre Längendimension horizontal ist, dann am deutlichsten, wenn sie sich in dem Verticalkreise der Sonne befanden. In dieser Gegend sieht man sie freilich auch darum am bequemsten, weil man neben der verticalen Wand eines Hauses am besten das Auge in Schatten halten und die unter der Sonne vorbeiziehenden, nur sehr wenig aus dem Verticalkreise der Sonne heraustretenden Schneenadeln beobachten kann. Zu solchen Zeiten sind diese Schneenadeln oft so sparsam vorhanden, daß man die, welche dem Auge noch einzeln sichtbar bleiben, also in einem sehr begrenzten Gesichtskreise liegen, fast zählen zu können meint, aber dennoch kann der aus ihrer Zurückwerfung oder Brechung des Lichtes hervorragende Glanz gar wohl uns helle Ringe u. s. w. zeigen, da in der langen Linie vom Auge bis zur Wolkenregion eine hinreichende Zahl dieser Krystalle vorhanden sein kann."

Für die Ableitung des Phänomens vom Dasein kleiner Eisnadeln

in der Luft spricht der Umstand, daß dasselbe am häufigsten im Winter und in den kalten Gegenden sich zeigt. Zwar kommt es nach v. Humboldt auch in südlichen Gegenden vor, so wie es auch bei uns im Sommer beobachtet worden, doch nimmt bekanntlich die Temperatur mit der Höhe der Atmosphäre so schnell ab, daß in den oberen Luftschichten sehr wohl Eiskrystalle vorhanden sein können, während an der Oberfläche der Erde eine sehr hohe Temperatur herrscht. Beim Herabfallen aus den kalten in die wärmeren Regionen müssen diese Eisnadeln natürlich schmelzen oder vielmehr verdunsten, ehe sie die Erde erreichen können. Die Gestalt dieser Eisnadeln ist nach Brandes höchst wahrscheinlich, die von gleichseitig dreiseitigen oder gleichseitig sechsseitigen Prismen. Die weitere Auseinandersetzung der Erklärung und Ableitung der einzelnen Kreise kann hier nicht gegeben werden, weil dazu höhere mathematische Vorkenntnisse nöthig sind.

Die Erscheinungen der Höfe sind bei weitem zahlreicher, als man gemeiniglich glaubt. Mayer hat in Einem Jahre (April 1826 bis April 1827) um die Sonne 47 große und 6 kleine Ringe, 13 horizontale und 7 verticale Nebensonnen, und um den Mond 12 große und 15 kleine Ringe beobachtet. Aepinus zeichnete 1758 in 5 Monaten 26 Erscheinungen von Höfen auf, minder merkwürdige nicht mit gerechnet. Besonders häufig sind diese Erscheinungen in den nördlichen Gegenden. So sah Wales an der Hudsonsbay die Sonne fast täglich mit Nebensonnen aufgehen, und von denselben bis zum Niedergange begleitet werden. Schon vor Sonnenaufgang wurden die oberhalb der Sonne liegenden Theile des Ringes sichtbar, und man sah zuerst etwa 20° von der Stelle des Sonnenaufgangs lichte Streifen über den Horizont sich erheben, die, wenn die Sonne die dem Scheitelpunkte näheren Theile derjenigen Schicht, wo die Erscheinung sichtbar wurde, zu beleuchten anfing, sich oben immer mehr zu einem vollen Halbkreise rundeten. Bei Sonnenaufgang war der halbe Hof vollständig und die zwei in ihm stehenden Nebensonnen gingen, wie gesagt, zugleich mit der Sonne auf und begleiteten sie den ganzen Tag.

Hohlspiegel*) heißen diejenigen Spiegel, welche so gekrümmt sind, daß die spiegelnde, dem Gegenstande und dem Beschauer gegenüberstehende Fläche eine Hohlung bildet. Je nach der Art dieser Hohlung werden die Hohlspiegel verschieden benannt.

Ein sphärischer Hohlspiegel ist ein solcher, dessen spiegelnde Fläche ein Abschnitt der inneren Fläche einer hohlen Kugel (griech. σφαῖρα) oder was dasselbe, eine vertiefte Fläche ist, welche eine Kugel von einem gewissen Halbmesser, wenn eine solche in sie gelegt würde, in einer gewissen Ausdehnung so vollkommen umspannen würde, daß sich die concave Spiegelfläche und die convexe Kugelfläche in allen gegenüberstehenden Punkten vollkommen berührten. Der Halbmesser einer solchen Kugel heißt der Halbmesser, nach welchem der sphärische Hohl-

*) Vergl. d. Art. Brennspiegel.

spiegel geschliffen ist, oder kurz der **Krümmungs-Halbmesser des Spiegels**. Da der Spiegel selbst als der Abschnitt einer Hohlkugel betrachtet werden kann, so muß sein Umfang selbst einen Kreis bilden, denn jeder Durchschnitt einer Kugel ist ein Kreis. Die Mitte dieses Kreises liegt über der Mitte der ganzen Spiegelfläche, und die durch diese Mitte und den Mittelpunkt der Kugel, von welcher der Spiegel ein Abschnitt ist, gehende gerade Linie heißt die **Axe des Spiegels**. Denkt man sich durch diese Axe irgend wie eine Ebene so gelegt, daß die Axe ganz innerhalb derselben liegt, so schneidet diese Ebene die Spiegelfläche jedesmal in einer krummen Linie, einem Bogen, welcher ein Theil eines größten Kreises der Kugel ist, nach deren Halbmesser der Spiegel geschliffen worden. Einen solchen Bogen, Durchschnitt der Spiegelfläche, stelle AGEB Fig. 66. vor und C sei der Mittelpunkt der Kugel, nach deren Radius CE (= CI = CG) der Hohlspiegel geschliffen ist, CE sei die Axe des Spiegels. In der Verlängerung der Axe CE bei D befinde sich ein leuchtender Gegenstand, so wirft dieser Strahlen wie DG, DI, DE.... nach dem Spiegel, welche von diesem zurückgeworfen werden. Es fragt sich, nach welcher Weise diese Zurückwerfung geschieht. In jedem Punkte einer Kugel können wir uns an die Kugel eine berührende (tangirende) Ebene gelegt denken, oder jeder Punkt der Kugel ist gemeinschaftlich ein Punkt der Kugel und einer dieselbe berührenden Ebene. Von Ebenen wird ein auffallender Strahl unter demselben Winkel zurückgeworfen, unter den er eingeworfen wird. Stellt nun z. B. HI eine die Kugel bei G berührende Ebene vor, so wird der von D bei G auffallende Strahl eben so zurückgeworfen, wie wenn er auf die Ebene IH in G auffiele. GC der Radius der Kugel steht senkrecht auf der Ebene H, ein bei G auf die Ebene IH fallender Lichtstrahl, wird folglich unter demselben Winkel den er mit GC macht, zurückgeworfen, d. h. wenn DGC = FGC ist, so wird der von D nach G gehende Strahl in der Richtung GF zurückgeworfen. Im Allgemeinen wird also der von einem Punkte der Axe ausgehende Strahl von jedem Punkte der Oberfläche des Hohlspiegels gegen den nach diesem Punkte reichenden Radius des Spiegels unter einem Winkel zurückgeworfen, welcher demjenigen gleich ist, den der einfallende Strahl mit demselben Radius macht. Die Zurückwerfung geschieht jedesmal in einer durch die Axe gehenden Ebene und trifft folglich die Axe.

Betrachten wir jetzt statt des Punktes G einen anderen Punkt g, so wird nach dem eben ausgesprochenen Gesetze, wenn der Strahl Dg in der Richtung gF zurückgeworfen wird DgC = FgC sein müssen. Wie die Zeichnung zeigt, schneiden sich hier die beiden Richtungen GF und gF in demselben Punkte F der Axe oder wenigstens liegen die Punkte, in denen sie die Axe schneiden sehr nahe bei einander. Dasselbe wird für alle diejenigen Punkte des Spiegels der Fall sein, welche nicht allzuweit von E entfernt liegen, für alle Punkte des Spiegels folglich, wenn dieser ein nicht großer Abschnitt der Kugel ist. Daß bei weiter von E abstehenden Punkten der zurückgeworfene, von D ursprünglich ausgehende Strahl nicht in die unmittelbare Nähe von F

fällt, wird durch die Zeichnung bestätigt. Nehmen wir z. B. an, der Spiegel sei bis zum Punkte g′ fortgesetzt, so ist cg′ der Radius, Dg′C ist der Einfallswinkel und F′g′C = Dg′C ist der Winkel, in welchem der Strahl zurückgeworfen wird; hier schneidet also der zurückgeworfene Strahl die Axe nicht in der unmittelbaren Nähe von F, sondern ziemlich weit ab in F′. Man gibt daher dem Hohlspiegel keine allzugroße Breite in Verhältniß gegen den Halbmesser CE, denn die von D aus gegen die nahe um E liegenden Punkte des Spiegels gehenden Strahlen werden bei F zu einem Bilde des leuchtenden Gegenstandes D vereinigt, welches durch die in größerer Entfernung einfallenden Strahlen verundeutlicht wird, weil dieselben nicht nach F zurückgeworfen werden. Wenn der Gegenstand bei D nicht nur ein leuchtender Punkt ist, sondern eine gewisse Ausdehnung hat wie Dd, so findet sich z. B. für den Punkt d ein Halbmesser Cc, in dessen Verlängerung d liegt, und in einem Punkte f dieses Halbmessers sammeln sich die von d ausgehenden Strahlen zurückgeworfen von der Spiegelfläche. Man erhält so bei Ff ein verkehrtes Bild des Gegenstandes Dd. Dieses Bild des Gegenstandes kann man sich deutlich sichtbar machen, wenn man vor einen Brennspiegel in der Gegend von Ff ein Blättchen Papier oder noch besser ein mattgeschliffenes Glas anbringt, doch darf dieses, um nicht zu viele Strahlen vom Spiegel abzuhalten, nicht zu groß sein. Bedient man sich des mattgeschliffenen Glases, so erblickt das Auge des Beobachters von O aus das Bild des Gegenstandes bei Ff.

Entfernt sich der Gegenstand Dd von dem Spiegel, so rückt das Bild desselben Ff näher nach E zu. Ist endlich Dd unendlich weit vom Spiegel entfernt, oder doch in einer Entfernung, die im Verhältniß zu den am Spiegel vorkommenden Dimensionen als unendlich groß betrachtet werden kann, wie z. B. die Sonne, so ist die Entfernung FE = dem halben Krümmungshalbmesser des Spiegels. Stellt z. B. GE (Fig. 67.) einen Durchschnitt des Spiegels vor, dessen Halbmesser CE ist und sind SE und sH von dem entfernten Gegenstande auf den Spiegel fallende Strahlen, so können diese wegen der großen Entfernung des Gegenstandes als parallel angenommen werden. HI sei die Richtung, in welcher der Strahl sH zurückgeworfen wird, so muß sHC = FHC sein; wegen der Parallelität von sH und SE muß ferner aber auch sHC = HCF, folglich HCF = FHC sein, woraus dann folgt, daß CF = FH sein muß. Je näher sH an SE liegt, desto genauer richtig ist die Annahme der Parallelität, desto näher werden sich folglich CF und FH an Größe kommen, und beim völligen Zusammenfallen vor sH mit SE fällt FH mit FE zusammen, wo dann folglich CF = FE wird. Bei der Sonne fällt nun z. B. das Bild der Sonne um den Mittelpunkt des Krümmungshalbmessers des Spiegels und dieser heißt daher der Brennpunkt des Spiegels. Genau im Mittelpunkte des Halbmessers sammeln sich die Strahlen wie aus der Betrachtung der Figur hervorgeht nicht, sondern dieser ist nur der Punkt, dem sie immer näher kommen, je näher bei E sie den Spiegel treffen. Entferntere Punkte wie G werfen den

Strahl schon in merklicher Entfernung von F, in I nach der Axe zurück.

Aus der Betrachtung der Fig. 66. sieht man leicht, daß das Bild Ff des Gegenstandes dD nothwendig kleiner sein müsse als der Gegenstand selbst, und daß dieses Bild um so kleiner werden müsse, je weiter von E der Gegenstand sich entfernt. Eben so übersieht man, daß, wenn der Gegenstand zwischen dem Mittelpunkte C und E sich befindet, also etwa bei Ff, dann ein Bild desselben über C hinaus bei dD gebildet werden müsse, welches größer als Ff ist. Man kann z. B. vor einen Hohlspiegel etwa bei Ff ein Licht und bei Dd eine das Bild auffangende Wand aufstellen, dann wird ein um so größeres Bild erscheinen, aber auch ein um so schwächeres, je näher Ff an E rückt. Hat endlich Ff die Mitte von CE überschritten, so verschwindet das Bild gänzlich und man erblickt nun ähnlich wie beim ebenen Spiegel ein Bild hinter der Wand des Spiegels. Denn bezeichnet in Fig. 68. Ff den Gegenstand, welcher sich sehr nahe an der Spiegelfläche IE befindet, so sind z. B. fI und fi von f ausgehende Strahlen, diese werden in den Richtungen IM und im vom Spiegel zurückgeworfen und da sie vor dem Spiegel divergiren, können sie sich daher nicht mehr irgend wo in einem Punkte vor dem Spiegel vereinigen, wohl aber treffen sich ihre Verlängerungen hinter dem Spiegel bei V, und so wird der Beobachter vor dem Spiegel ein vergrößertes Bild des Gegenstandes hinter dem Spiegel bei Vv erblicken. Dieses Bild ist, wie man aus der Zeichnung leicht ersehen kann nicht verkehrt.

Ein parabolischer Hohlspiegel ist ein Hohlspiegel von der Krümmung, daß ihn jede durch die Axe desselben gelegte Ebene in einer Parabel schneidet. Fig. 69. stellt eine Parabel CAD vor, deren Axe die Linie AB. Ziehen wir uns irgend wo in der Axe AB z. B. bei G eine auf AB senkrechte Linie, so ist immer EG = GF und zieht man eben so E′ F′ durch G′, so hat man die Proportion: $AG : AG' = GE^2 : G'E'^2$. Durch dieses letztere Verhältniß wird die Gestalt der Parabel bestimmt. Denkt man sich nun die ganze Figur um die Axe herumgedreht, so beschreibt offenbar die Parabel CAD eine krumme Fläche und eine solche Fläche wie hier entsteht, ist die Fläche eines parabolischen Spiegels. Fällt nun ein Strahl MT parallel mit der Axe AB auf die innere spiegelnde parabolische Fläche, und ist SR eine Tangente bei T an die Parabel, so wird (vergl. die obige Betrachtung für den sphär. Hohlspiegel) der Strahl von T so zurückgeworfen, daß MTS = RTP ist, also in der Richtung TP, und in P schneidet der zurückgeworfene Strahl die Axe AB. Nun hat aber die Parabel die Eigenschaft, daß jedesmal die von dem für jede Parabel unveränderlichen Punkte P nach irgend einem Punkte der Parabel gezogene gerade Linie mit der an diesen Punkt gezogenen Tangente denselben Winkel macht, welchen eine von diesem Punkte aus mit der Axe AB parallel gezogene Linie mit derselben Tangente macht. Diese Eigenschaft der Parabel ist daher der Grund, daß alle parallel mit der Axe auf einen parabolischen Spiegel fallenden Strahlen in Einem genau bestimmten Punkt der Axe, dem Brennpunkte derselben vereinigt

werden. Eben deßhalb werden aber auch die von einem im Brennpunkte eines solchen Spiegels ausgehenden Strahlen von der spiegelnden Fläche in mit der Axe parallelen Richtungen zurückgeworfen werden. Minder genau geschieht dieses auch bei den sphärischen Hohlspiegeln, wie aus dem oben gesagten hervorgeht.

Man hat aus der zuletzt erwähnten Eigenschaft der Hohlspiegel eine Anwendung derselben zu Reverberen bei den Lampen namentlich auf Leuchtthürmen gemacht. Denken wir uns in einer gewissen Entfernung vor einer Lampe stehend, so sendet diese ihre Strahlen nach allen möglichen Richtungen aus und nur diejenigen Strahlen treffen in unser Auge, welche nahe in und um die gerade von unserem Auge nach der Lampe reichende gerade Linie fallen. Alle nach anderen Richtungen gehenden Strahlen der Lampe gehen für unser Auge verloren. Stellen wir uns nun aber vor, die Lampe befinde sich in dem Brennpunkte eines parabolischen Hohlspiegels und unser Auge in größerer Entfernung innerhalb der Axe dieses Spiegels, so ist klar, daß alle von der Lampe ausgehenden Strahlen sowohl die direct gegen unser Auge fahrenden, als auch alle diejenigen, welche von dem Spiegel aufgefangen werden auf unser Auge zugehen. Wir werden daher mittelst des Spiegels einen bei weitem größeren Lichteindruck von der Lampe empfangen, als ohne denselben. Dieser vermehrte Lichteindruck wird unser Auge aber nur dann treffen, wenn sich dasselbe in der Axe des Spiegels oder sehr nahe bei derselben befindet. Wenn man von dem parabolischen Spiegel in der angegebenen Weise Anwendung machen will, so muß man oberhalb der Lampe eine Oeffnung im Spiegel anbringen, damit dieselbe den nöthigen Luftzug habe. Da ferner das Licht der Lampe für den Beobachter verschwindet, wenn sich sein Auge nicht nahe bei der Axe des Spiegels befindet, so muß entweder die Lampe mit dem Spiegel, um in größeren Entfernungen von verschiedenen Seiten sichtbar zu sein, eine Drehung erhalten, oder man muß eine so große Menge von Lampen mit Reverberen zusammenstellen, daß eine jede nur einen geringen Raum zu beleuchten braucht und alle zusammen doch auf eine größere Ausdehnung den Leuchtthurm sichtbar machen.

Mit besonderem Erfolge hat man sich der Hohlspiegel zu optischen Täuschungen bedient. Ueber diese Anwendung spricht sich Brewster wie folgt aus. Der Hohlspiegel ist das vorzüglichste Werkzeug im magischen Cabinette. Soll er ganz vollkommen sein, so muß er eine elliptische*) Oberfläche haben, damit von dem in einem Brennpunkt der Ellipse versetzten Objecte sich im anderen Brennpunkte derselben ein umgekehrtes Bild darstelle. Bei dem richtigen Standpunkte des Beobachters erscheint diesem das Bild in der Luft schwebend, so daß, wenn der Spiegel und das Object dem Auge verborgen werden, die Wirkung dem Beobachter beinahe übernatürlich erscheinen muß. — Das Verfahren,

*) Eine Ellipse stellt Fig. 70. vor. Ihre Axe ist AB, ihre beiden Brennpunkte sind P und P. Eine elliptische Oberfläche würde entstehen, wenn sich die Ellipse um ihre Axe AB herum bewegte.

sich des Hohlspiegels auf das Vortheilhafteste zu bedienen, zeigt Figur 71. wo CD die Abtheilung eines Zimmers ist, welche eine viereckige Oeffnung EF hat, deren Mittelpunkt etwa fünf Fuß über den Boden erhaben ist. Diese Oeffnung kann mit einem Bildrahme umgeben, und ein Gemälde, welches sie vollkommen ausfüllt, so mit einer Rolle verbunden werden, daß es entweder nach der Seite hin weggezogen oder so gehoben werden kann, daß der Rahmen leer erscheint, in einem anderen Zimmer wird ein großer Hohlspiegel MN aufgestellt, so daß, wenn irgend ein Gegenstand in A befindlich ist, ein deutliches Bild davon im Mittelpunkte der Oeffnung EF sich darstellt. — Gesetzt, dieser Gegenstand sei ein Gypsabguß von irgend einem Objecte, und sei so weiß als möglich. Er befinde sich in umgekehrter Stellung in A. Das starke Licht einer kräftigen Lampe erleuchte ihn und man treffe die Vorrichtung, daß die Lichtstrahlen verhindert werden, die Oeffnung EF zu erreichen. Wurde Alles auf die beschriebene Art angeordnet, so wird ein Zuschauer in O ein aufrechtstehendes Bild von der Figur in B, dem Mittelpunkte der Oeffnung, in der Luft schwebend erblicken. Das Bild unterscheidet sich von der wirklichen Figur nur dadurch, daß es ein wenig größer ist, während die Erscheinung jedem andern Zuschauer, der in einer kleinen Entfernung auf der einen oder anderen Seite von ihm steht, völlig unsichtbar ist. — Wird die Oeffnung EF mit Rauch angefüllt, wozu man sich entweder einer Kohlenpfanne mit glühenden Kohlen auf welche Weihrauch gestreut wurde, oder des Rauches, den man in Wolken aus einer unterhalb befindlichen Oeffnung aufsteigen läßt, bedienen kann, so wird das Bild in der Mitte des Rauches, auf diesem abgebildet, als auf einem Hintergrunde erscheinen. Jetzt wird dasselbe auch von den Zuschauern gesehen, die es, so lange es in der Luft schwebte, nicht sehen konnten. Statt daß die Lichtstrahlen in letzterem Falle ohne Hinderniß zu dem Auge des Beobachters in O gelangten, werden sie von den kleinsten Theilchen, aus denen der Rauch besteht, zurückgestrahlt; ganz so wie ein Lichtstrahl, der durch ein mit Staub oder Rauch angefülltes Zimmer hindurchgeht, sichtbarer wird. — Lange Zeit war es ein Lieblingsversuch, in A einen weißen, stark erleuchteten menschlichen Schädel aufzustellen und vermittelst einer Kohlpfanne Rauch hervorzubringen, indem sich bei B das Bild desselben zeigte. Eine grausenvollere Wirkung würde hervorgebracht werden, wenn ein kleines, an unsichtbaren Dräthen hängendes Knochengerippe als Gegenstand in A angebracht würde. Das in B schwebende oder im Rauche sich zeigende Bild desselben würde den Zuschauer unfehlbar in Erstaunen setzen. — Die Schwierigkeit, eine lebende Person in verkehrter Stellung als Object in A aufzustellen, hat ohne Zweifel den Beschwörer, welcher sich optischer Künste bedient, verhindert, dieses bewundernswürdige Hülfsmittel anzuwenden. Man kann jedoch durch Anwendung eines zweiten Hohlspiegels dieser Unbequemlichkeit entgehen. Dieser zweite muß so aufgestellt werden, daß er die von einem aufrechtstehenden lebendigen Gegenstande ausfahrenden Strahlen nach MN zurückstrahlt und in A ein umgekehrtes Bild dieses Gegenstandes bildet. Es wird dann ein aufrechtstehendes Bild von diesem

umgekehrten Objects in B, entweder in der Luft schwebend, oder auf Rauchwolken sich abmalend, gebildet werden. Das Luftbild zeigt genau die Gestalt, Farben und Bewegungen des lebenden Gegenstandes und behauptet seinen Charakter als Erscheinung, wenn von dem Zuschauer ein Versuch gemacht werden sollte, diese wesenlose Gestaltung zu fassen.

Eine Täuschung von beunruhigender Art, die lange Zeit zu den Lieblingsdarstellungen gehörte, ist der geheimnißvolle Dolch. Steht eine Person mit gezücktem, hellpolirtem Dolch, durch ein starkes Licht erleuchtet, etwas entfernter vom Hohlspiegel als sein Hauptbrennpunkt, so wird er zwischen sich und dem Spiegel in der Luft ein verkehrtes und verkleinertes Bild von seiner eignen Person erblicken, welches den Dolch auf gleiche Art schwingt. Zielt er mit dem Dolche genau nach dem Mittelpunkte der Höhlung des Spiegels, so werden beide Dolche, Spitze gegen Spitze, zusammentreffen, und indem er mit demselben noch weiter von sich ab gegen den Spiegel stößt, so wird das Phantom von Dolch sein Herz zu treffen scheinen. In diesem Falle ist es erforderlich, daß die Richtung des wirklichen Dolches mit dem Durchmesser einer Kugel zusammenfalle, von welcher der Spiegel ein Theil ist. Befindet sich jedoch die Richtung desselben auf einer Seite dieses Durchmessers, so wird die Richtung dieses eingebildeten Dolches sich eben so weit auf der andern Seite des Durchmessers befinden und der letztere wird gegen jede Person einen Streich führen, die sich in der schicklichen Lage befindet, um ihn zu empfangen. Wenn die Person, welche den wirklichen Dolch hat, hinter einem Schirme steht, oder auf eine andere Art dem Auge des Zuschauers entzogen wird und dieser sich dem Orte des Bildes nähert, so wird der Stoß des polirten Stahles gegen seine Brust nicht verfehlen, einen mächtigen Eindruck hervorzubringen. — Die Wirkung dieses Versuches würde ohne Zweifel verstärkt werden, wenn man die Person, welche den Dolch hat, mit einem schwarzen Tuche bedeckte, so daß man nur das Bild seiner Hand sähe, indem die verkehrte Darstellung desselben alle Täuschung rauben würde. Bediente man sich zweier Hohlspiegel, so würde man diesem Nachtheile abhelfen können und der Zuschauer würde ein der Wahrheit entsprechendes Bild des Mörders erblicken, dessen Dolch nach seinem Leben trachtet. — Die gewöhnliche Art diesen Versuch anzustellen, ist die, daß man einen Korb mit Früchten über dem Dolche so aufstellt, daß ein deutliches Luftbild der Früchte in dem Brennpunkte des Spiegels gebildet wird. Der Zuschauer, den man auffordert, Früchte aus dem Korbe zu nehmen, wird sich demnach demselben nähern. Während der Zeit zieht eine gehörig verborgene Person den Korb mit der einen Hand hinweg, und bringt mit der andern den Dolch vorwärts. Da das Bild desselben nun nicht länger von den Früchten verdeckt wird, so fährt es gegen den Körper des erstaunten Zuschauers hin.

Man hat der Eigenschaften der Hohlspiegel sich ebenfalls bedient, um einen abwesenden oder verstorbenen Freund erscheinen zu lassen. Zu dem Ende stellt man eine stark erleuchtete Büste oder ein stark beleuchtetes Gemälde vor den Hohlspiegel, wo dann ein deutliches Bild des

Gegenstandes sich in der Luft oder im Rauche, (indem man das im Vorhergehenden beschriebene Verfahren befolgt) zeigen wird. Wird der Hintergrund des Gemäldes für diesen vorübergehenden Zweck mit Lampenschwarz bedeckt, so daß um die Figur her kein anderes Licht ist, als was auf sie fällt, so wird die Wirkung vollständiger sein.

Da bei allen Versuchen mit Hohlspiegeln die Größe des Luftbildes sich zu der des wirklichen Gegenstandes wie ihre Entfernungen vom Spiegel verhalten, so kann man durch Veränderung der Entfernung des Objectes die Größe des Bildes vermehren oder vermindern. Thut man dieses, so verändert man jedoch zu gleicher Zeit die Entfernung des Bildes vom Spiegel. Paßt dieses nicht zur Darstellung, so kann man diesem Mangel dadurch begegnen, daß man sowohl die Stelle des Spiegels als des Gegenstandes verändert. In diesem Falle behält das Bild unverändert seine Stelle, und kann sich von einem leuchtenden Punkte zu einer riesenmäßigen Gestalt ausdehnen, und dann wieder, durch alle dazwischen liegenden Grade von Größe hindurchgehend, an Größe abnehmen, bis es in ein Lichtwölkchen zusammenschrumpft.

Brewster führt mehre Beispiele von künstlich hervorgebrachten Geistererscheinungen an, welche sich sehr wohl erklären lassen, wenn man annimmmt, daß sich die Zauberer der Hohlspiegel bedient haben.

Horizont (v. d. griech. ὁρίζω begrenzen), Gesichtskreis heißt die Kreislinie, in welcher das scheinbare Himmelsgewölbe die Oberfläche der Erde begrenzt und welche dem Auge des Beobachters überall auf der Erdkugel erscheint, wo nicht über die Oberfläche emporragende Gegenstände die Aussicht beschränken. Am vollständigsten erscheinet daher der Horizont auf dem Meere und auf hohen Bergen. Die Entstehung der hieraus folgenden Täuschung, als sei die Erde eine kreisrunde überall von dem halbkugelförmigen Himmelsgewölbe umgrenzte Ebene, läßt sich aus der Kugelgestalt der Erde leicht erklären. Vergl. d. Art. Erde S. 261. Die Fläche, welche man als von dem Horizonte begrenzt überschaut, scheint eine Ebene zu sein, ist aber ein Theil der Kugelfläche der Erde. Ihre Krümmung ist aber, als abhängig von der geringen Entfernung des Beobachters von der Erdoberfläche, verschwindend klein gegen den Durchmesser der Erdkugel. Man nennt wohl diese scheinbare Ebene die Horizontalebene, genauer aber ist die Horizontalebene diejenige für einen bestimmten Ort der Beobachtung, welche mit der Senkrechten (der Falllinie) für diesen Punkt lauter rechte Winkel macht. Eine in dieser Ebene liegende Linie heißt eine Horizontallinie. Ueberhaupt heißt endlich jede die Falllinie eines Ortes rechtwinklig schneidende Ebene eine Horizontalebene des Ortes. Indem sich die Himmelkörper um die Erde herumzubewegen scheinen, werden sie dann für uns sichtbar, wenn sie sich über unsern Horizont erheben. Da nun fast alle Himmelskörper soweit von der Erde abstehen, daß der Halbmesser der Erde dagegen verschwindet, so nennt man in der Astronomie die Umgrenzung derjenigen Horizontalebene eines Ortes, welche durch den Mittelpunkt der Erdkugel geht, den wahren Horizont des Ortes, wogegen der scheinbare Horizont derjenige ist, welchen

das Auge des Beobachters auf demselben Orte, abgesehn von die Aussicht hindernden Gegenständen erblickt. Befindet sich aber ein Himmelskörper so nahe der Erde, daß gegen diese Entfernung der Halbmesser der Erde dagegen keine verschwindend kleine Größe ist, so bemerkt man einen Unterschied zwischen beiden Horizonten, und der Winkel, den zwei entsprechende Punkte in diesen beiden Horizonten bis zum Auge des Beobachters (in welches der Scheitelpunkt des Winkels fällt und welches als im Mittelpunkt der Erde befindlich gedacht wird) mit einander machen, heißt die Horizontalparallaxe des Gestirnes.

Der Horizont schneidet den Meridian im Nordpunkte und im Südpunkte, den Aequator dagegen im Ostpunkte und im Westpunkte. Wie jeden Kreis theilt man auch den Horizont in 360 Grade u. s. w. Man zählt auf ihm vom Morgenpunkte aus die Morgenweite, vom Abendpunkte aus die **Abendweite** und die **Azimuthe** vom Nordpunkte aus.

Hydrographie (v. d. griech. ὕδωρ Wasser und γράφω schreiben) gibt die Beschreibung der Gewässer des Erdballes. Sie bildet einen Theil der allgemeinen Geographie und steht der Geographie im engern Sinne, welche die Landflächen behandelt, gegenüber. Sie zerfällt in allgemeine Hydrographie, welche die allgemeinen Eigenschaften der Gewässer und in besondere, welche die verschiedenen Gewässer des Erdballes beschreibt. Da die auf dem Lande befindlichen Gewässer gewöhnlich schon zur Beschreibung der Länder genommen werden, so umfaßt die besondere Hydrographie größtentheils nur die Beschreibung des Meeres und der größeren Seen. Sie bildet einen integrirenden Theil der Geographie, und steht mit der Physik nicht in Berührung. Die allgemeine hingegen, enthält Betrachtungen über die Eigenschaften des Wassers an sich, über dessen Zustand als Eis, Wässrigkeit und Dunst, über die meteorischen Verhältnisse desselben als Dampf, Nebel, Wolken, Reif, Schnee, Hagel, Gletscher, Eisberge, Regen, Wasserhosen, Wolkenbrüche; sie betrachtet die innere Beschaffenheit dieser atmosphärischen Producte, ihre Quantität, Periodicität und Localität. Die Hydrographie behandelt zweitens die Quellen der Gewässer, in Hinsicht ihres Ursprunges und ihrer Bildung, in Bezug auf Zeit der Entstehung, auf Quantität des quellenden Wassers, seiner innern chemischen Beschaffenheit, seiner Temperaturen, ihres Springens oder Aufquellens, ihrer örtlichen und geographischen Lagen und den Relationen dieser Lagen in Bezug auf Höhe und Abstand von und in umgebenden Dingen; auch den Abfluß und die Verdunstung, die Stetigkeit des Entspringens in der Zeit, das Beharren an einem Orte, die Beschaffenheit des Gebirges, aus dem sie den Ursprung nehmen; sie gibt hier Nachrichten über den unterirdischen Wasserspiegel 2c. Drittens behandelt sie die allgemeine Physik der Bäche, Flüsse und Ströme, die Entstehung derselben, ihre Größe in Länge und Ausdehnung des Laufes derselben an verschiedenen Orten, beschreibt die Oberfläche dieser Wasser in Hinsicht ihrer Bewegung, gibt die Tiefe an verschiedenen Orten, die Breite und die Länge, die Richtung ihres Laufes, die Nei-

gung ihres Bettes, die Katarakten, Gesprenge und Stromschnellen, die geologische Beschaffenheit der Thäler, in welchen sie laufen, die geologische Beschaffenheit ihres Grundes und die Erhebung desselben zu Inseln, die Beschaffenheit des Uferrandes und der Stromauen, die Wassermengen, die sie führen, die Geschwindigkeiten des Laufes derselben an verschiedenen Orten, die Beschaffenheit des fließenden Wassers in Bezug auf Farbe, Geschmack, chemischen Inhalt, die zufließenden Gewässer, das Schwellen der Gewässer an sich und in Bezug auf Periodicität, die Ueberschwemmungen, welche sie verursachen, die Wassermengen, welche sie verdunsten, die endliche Ergießung derselben. Viertens beschreibt sie die stillstehenden Gewässer, Sümpfe von Ausdehnung, Seeen kleinerer und größerer Art. Von ersteren gibt sie die Arten derselben an, ob dieselben mit Pflanzen überzogen sind oder nicht, ihre Größe, Tiefe, Farbe, Entstehung und Vergrößerung oder Abnahme und Verschwinden; ihre Lage über dem Meere und in oder auf den Gebirgen, ihre Abflüsse und Zuflüsse, ihre chemische Beschaffenheit, ihren Zusammenhang mit andern Mooren ähnlicher oder unähnlicher Art. Von Seeen gibt die Hydrographie Größe und Tiefe an verschiedenen Orten, Zusammenhang mit andern Gewässern, Lage gegen Küsten und andere Seen, Beschaffenheit ihrer Oberflächen, Gewässerzuflüsse und Abflüsse, Größe der Verdunstung, Beschaffenheit des Wassers, Beschaffenheit des Grundes und der Küsten an denselben. Die Hydrographie verbreitet sich endlich umständlich über die Meere, die Grenzen derselben, ihre Arten als Oceane und Binnenmeere, über die Beschaffenheit ihrer Küsten als Marsche, Dünen, Klippen, Scheren, Uferränder und deren Erhebung, über Vorgebirge, Meerengen, Buchten; über Meeresboden, über Tiefe des Meeres an verschiedenen Orten, über Sandbänke, Untiefen, Riffe und freiwillige Erhebungen, über Farbe, Beschaffenheit des Meerwassers, über Temperaturen in verschiedenen Tiefen und Breiten, über Wellenschlag, über Ebbe und Fluth und außerordentliche Fluthen (Nipp- und Springfluthen), über regelmäßige und unregelmäßige Strömungen, über Brandungen, Strudel, Wirbel und Wellenschlag. Die besondere Hydrographie wird durch Karten unterstützt, welche sich über Quellen, Moore, Stromgebiete, Seen, Küsten, Meere und Häfen erstrecken und verschiedene Specialität gewähren. Die Entwerfung genauer hydrographischen Karten ist wichtig für die Schifffahrt. (Otto, Hydrographie, Berlin 1810; Sommer's Gemälde der physischen Welt, 1832 Prag; Krusenstern: Recueil de memoires hydrographiques Vol. I, II avec deux Atlas de 34 feuilles, Petersburg, 1824 u. 1827.) R.

Hygrometer, Hygroskop (v. d. griech. ὑγρός naß, feucht), Notiometer (v. d. griech. νότος naß, feucht) auch Psychrometer (v. d. griech. ψυχρός kalt), Feuchtigkeitsmesser ist ein Instrument die Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft entweder nur im Allgemeinen anzuzeigen (Hygroskop) oder auf eine mit andern Feuchtigkeitszuständen vergleichbare Weise anzugeben. Da alle Körper, welche merklich durch die Feuchtigkeit afficirt werden zu Herstellung von Hy-

grometern benutzt werden können, so ist die Anzahl derselben sehr groß, aber nur sehr wenige unter diesen verdienen eine genauere Beachtung, weil überhaupt nur bei wenigen die Angaben für die Dauer so regulirt werden können, daß die angezeigten Feuchtigkeitszustände mit einander genau verglichen werden können. Ein sehr großer Theil der anwendbaren Substanzen verliert mit der Zeit seine hygroskopischen Eigenschaften, d. h. die Feuchtigkeit übt im Laufe der Zeit immer weniger merklich auf sie. Es würde sehr überflüssig sein, alle unter dem Namen Hygroskope oder Hygrometer jemals angefertigten Instrumente zu beschreiben, um so mehr, da viele derselben nur noch als Spielerei oder gar nicht mehr vorkommen. So bestehen z. B. die sogenannten holländischen Hygrometer aus einem kleinen Häuschen von Pappe, in welchem ein Stück Darmsaite senkrecht herabhängt und an seinem unteren Ende eine runde Pappscheibe trägt, auf welcher zwei Puppen, eine männliche mit einem Regenschirme und eine weibliche mit einem Fächer stehen. Durch das Aufdrehen der Saite in Folge größerer Feuchtigkeit der Luft kommt die männliche Puppe vermittelst der Drehung der Scheibe aus ihrer Thüröffnung und deutet somit auf Regen, statt daß ihr Zurückgehen und das Hervortreten der weiblichen Puppe heitere Witterung verspricht. Ein großartigeres Spielwerk, ein Hygroskop darbietend, steht, wenn ich nicht irre, über der Sternwarte auf dem Universitätsgebäude in Breslau; ein Adler nähmlich spannt bei schönem Wetter die Flügel aus, welche er bei feuchtem sinken läßt. Es ist eine bekannte Thatsache, daß Stricke durch die Feuchtigkeit kürzer werden.

Den Namen eines physikalischen Instrumentes und die nähere Beschreibung verdienen von den hygroskopischen Vorrichtungen nur diejenigen, welche auf eine die genaue Vergleichung zulassende Weise den Feuchtigkeitszustand der Luft angeben, oder die solche Angaben liefern, daß man nach denselben (denn dieses ist die Hauptaufgabe der Hygrometrie), die Dunst oder Dampfmenge bestimmen kann, welche in einem gegebenen Raume enthalten ist. Ueberhaupt kommt es in der Physik häufig darauf an, zu wissen, eine wie große Menge Wasser in Dampfform in einer Gasart oder in der Luft sich befindet. Käme diese Menge stets dem Sättigungszustande gleich, so würde man die Spannung des Gases aus der Temperatur berechnen können und eben so ihr Gewicht. (S. d. Art. Dampf.)

Hiernach ist nun das Princip leicht zu begreifen, auf welchem die einfachste und genauste Art der Hygrometer beruht. Gesetzt in einem gewissen Raume ist in der Luft von der Temperatur von t Grad eine Quantität Dampf enthalten, welche jedoch nicht zur Sättigung hinreicht; so ist doch gewiß, daß wenn man die Temperatur hinreichend erniedrigt, etwa bis auf t′ Grad, der Sättigungszustand eintreten, und bei der geringsten weiteren Temperaturerniedrigung die Niederschlagung der Dünste beginnen müsse. Für alle Sättigungszustände unter den verschiedenen Temperaturen ist aber die Dichtigkeit des Dampfes bekannt und man kann folglich aus der durch ein geeignetes Instrument gefundenen Temperatur t′ berechnen, welch ein Gewicht Dampf von der entsprechenden

Dichtigkeit in einem gegebenen Raume enthalten ist. Aus der Dichtigkeit, welche der Dampf im Augenblicke seines Niederschlagens besitzt, läßt sich nun aber auch berechnen, wie groß die Dichtigkeit desselben bei der Temperatur t war, indem man weiß, daß sich der Dampf für jeden Grad R. Erkältung um $\frac{1}{213}$ des Raumes den er bei 0° eingenommen haben würde*), zusammengezogen haben muß. Gesetzt die ursprüngliche Temperatur sei 16° R. und sie habe bis 12° R. erniedrigt werden müssen, bevor ein Niederschlag von Dunst entstand. Nun ist zufolge der Tabelle Bd. I. S. 447. die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei 12° R. gegen jene des Wassers (= 1 angenommen) = 0,000011. Bei der Temperaturerniedrigung um 4° R. hat sich der Dampf um $\frac{4}{213}$ des Raumes zusammengezogen, den er bei 0° einnahm; um mithin die Dichtigkeit des Dampfes im nichtgesättigten Zustande bei 16° R. zu finden, muß jene Zusammenziehung in Rechnung gebracht werden. Bezeichnet nun A das Volumen, welches ein gewisses Gewicht des Dampfes bei 0° einnahm, so wird das Volumen desselben Gewichtes bei 12° R. sein $= A + \frac{12}{213} A$ und bei 16° R. $= A + \frac{16}{213} A$. Da ferner die Dichtigkeiten umgekehrt wie die Volumina bei gleichem Gewicht sich verhalten, so haben wir, die gesuchte Dichtigkeit des Dampfes bei 16° R. = X gesetzt:

$$A + \frac{12}{213} A : A + \frac{16}{213} A = X : 0{,}000011$$

folglich $$X = \frac{0{,}000011\,(A + \frac{12}{213} A)}{A + \frac{16}{213} A} = \frac{0{,}000011 \,.\, 225}{229} = 0{,}00001080.$$

Die ersten hygrometrischen Versuche nach dem angegebenen Princype sind von den Florentiner Akademikern angestellt worden. Dieselben füllten einen hohlen mit der Spitze nach unten gekehrten Kegel mit einer erkältenden Substanz und bestimmten die Wassermenge, die als Beschlag an die Wände des Kegels sich absetzte und in einem untergesetzten Gefäße sammelte. Zuerst bestimmte Le Roi die Feuchtigkeitsmenge aus der Temperatur eines Gefäßes in dem Augenblicke, wo es zu beschlagen anfing. Daniell und dann Körner haben endlich Instrumente nach diesem Principe unter dem Namen Hygrometer construirt. Die Erkältung geschieht bei diesen Instrumenten durch die schnelle Verdunstung des Schwefeläthers und man kann dieselben zum Unterschiede von anderen daher Schwefelätherhygrometer nennen.

*) S. d. Art. Ausdehnung S. 125. Dort ist angegeben, daß von 0° bis 80° die Ausdehnung = 0,375 betrage, dieß macht auf 1° R. $= \frac{375}{80000} = \frac{1}{213}$.

Fig. 72. stellt das Daniellsche Hygrometer vor. A ist eine gläserne oder metallene, fein polirte und luftdichte Kugel, die etwas Schwefeläther und die Kugel eines empfindlichen Thermometer enthält und mittelst der Röhre B mit einer zweiten ähnlichen Kugel C verbunden ist, welche von Außen mit feinem Musselin umwickelt worden. Beide Kugeln sammt der Röhre B sind luftleer und enthalten nur Aether. Wird durch die Wärme der Hand aller Aether in die Kugel A getrieben, und hierauf C von Außen mit Aether befeuchtet, so verursacht die durch das Verdunsten entstandene Kälte eine Verdichtung des inwendigen Aetherdunstes, mithin eine neue Verdünstung in A und dadurch ein Sinken des Thermometers. Sobald A soweit erkältet ist, daß sich an der Kugel rings um die Oberfläche des Aethers ein schmaler Thauring bildet, beobachtet man das Thermometer in A. Durch diese Beobachtung findet man also diejenige Temperatur (t′ s. oben), bei welcher Niederschlag des Wassers oder vollkommene Sättigung der Luft durch Wasserdampf stattfindet, und man kann nun die angegebene Rechnung anstellen. Zur Beobachtung der ursprünglichen Temperatur der Luft, für welche man die Dichtigkeit des Dampfes berechnen will, dient der am Fußgestell des Instruments abnehmbar angebrachte Thermometer ab.*)

Körners Hygrometer (Fig. 73.) besteht aus einem Thermometer, dessen Kugel aufwärts gebogen, mit Musselin überwickelt und an der unteren Hälfte mit einer vergoldeten metallenen Schale bedeckt ist. Gibt man auf die Musselindecke einige Tropfen Schwefeläther; so beschlägt die vergoldete Schale alsobald und die Quecksilbersäule zeigt den Wärmegrad, bei dem dieses geschieht.

Zur Verferigung des Daniellschen Instruments giebt Baumgartner folgende Anweisung.

Wenn man ein Daniellsches Hygrometer verfertigen will, nehme man eine 12 Z. lange, 3 L. weite Glasröhre und blase an einem Ende eine etwa 1 Z. im Durchmesser haltende Kugel daran. In diese Kugel schiebe man ein kleines, am besten mit einem cylindrischen Gefäße versehenes Quecksilberthermometer, dessen Scale wenigstens bis zum Siedpunkt des Schwefeläthers (35°, 6 C.) reicht und mittelst einer an der Rückwand der Scale angebrachten Feder in der Lage erhalten wird, daß das Quecksilbergefäß auf dem Boden der Kugel ruht. Weil dieses Thermometer in Schwefelätherdünsten stehen muß, so darf man nicht, wie es sonst zu geschehen pflegt, um die Grade besser sichtbar zu machen, dieselben mit Druckschwärze oder aufgelöstem schwarzem Siegellack einlassen, weil diese Substanzen vom Aether aufgelöset werden, sondern man thut am besten, wenn man dazu feinen Tusch mit Leim-

---

*) Bohnenberger hat durch Versuche gezeigt, daß dieses Thermometer am Fußgestell in Folge des Einflußes seiner Umgebungen sehr unempfindlich ist, und oft gegen 3° F. von der eigentlichen Lufttemperatur im Freien abweicht. Man hätte dieses Thermometer daher in größerer Entfernung vom Daniellschen Instrumente aufzustellen.

wasser abgerieben anwendet. Befindet sich das Thermometer in der Röhre, so biegt man sie in einer Stichflamme 1 Z. über dem Thermometer in einen rechten Winkel, bläst dann am andern Ende wieder eine 1 Z. weite Kugel an, die sich in ein sehr enges dünnes Röhrchen endet, biegt sie dann zum zweiten Male etwa 5 Z. vom ersten Bug und schreitet hierauf zum Einfüllen des Schwefeläthers. Zu diesem Ende hält man die Kugel mit dem Thermometer über glühende Kohlen oder über eine Weingeistflamme, damit etwas Luft herausgetrieben werde, beachtet dabei aber stets den Stand des innern Thermometers, um die Temperatur nicht über die Gefahr zu steigern und das Thermometer zerspringen zu machen, und tauchet hierauf das offene Röhrchen in Schwefeläther. Dieses dringt in die Kugel, sobald sich die Luft abgekühlt hat, und füllt sie bald ganz an. Durch Neigen der Röhre kann man leicht die ganze Aethermasse in die andere Kugel, worin sich das Thermometer befindet, bringen. Ist diese bis zu ⅔ ihres Inhaltes voll, so schreite man zum Luftleermachen des Instruments. Zu diesem Ende hält man die Kugel mit dem Aether wieder über eine Weingeistflamme, und zwar in der Nähe einer wohl unterhaltenen Stichflamme. Der Aether kommt bald zum Sieden und vertreibt die Luft aus dem Apparate. Man erkennt daraus, ob die Luft vertrieben ist, wenn der herausströmende Dampf angezündet werden kann. Nimmt der Aether nur mehr die Hälfte der Kugel ein, und strömt der Dampf in Masse heraus, so hält man eilig die offene Spitze in die Stichflamme, damit sie zuschmelze. Es ist rathsam, gleich nach dem Abkühlen des Apparates die leere Kugel mit Musselin zu überziehen und mit dem Instrumente also gleich einen Versuch zu machen, um zu sehen, ob man das Beschlagen der Kugel zuwege bringen kann. Geht dieses nicht an, so ist das Instrument entweder nicht luftleer, oder der darin befindliche Aether ist durch Kochen zu sehr geschwächt worden. Dann muß man die Spitze wieder öffnen, neuen starken Aether einfüllen und das ganze Verfahren wiederholen. Erst wenn man das Instrument bei einer vorgenommenen Probe wirksam findet, kann man die Spitze an der Kugel besser und auf eine dauerhaftere Art zuschmelzen.

Um das Beschlagen des Glases sogleich beim ersten Anfluge von Flüssigkeit zu bemerken hat man in England die Kugel, in der sich das Thermometer befindet, an ihrem unteren Theile aus schwarzem Glase verfertigt. Greiner in Berlin dagegen umgibt die Kugel auswärts in ihrer Mitte mit einer 1,5 breiten Zone des feinstpolirten Goldes. Die letztere Vorrichtung verdient schon darum den Vorzug, weil sie sich leichter herstellen läßt. Bei der gewöhnlichen Einrichtung ist das Daniellsche Hygrometer nur im unbeschränkten Raume brauchbar, doch kann man dasselbe auch, wie Fig. 74. darstellt, durch eine einfache Zugabe für abgesonderte Räume brauchbar machen, indem man es mit einem Recipienten so verbindet, daß die Kugel mit dem Thermometer innerhalb desselben steht, während die mit Aether zu betröpfelnde außerhalb desselben bleibt. —

August hat dem Daniellschen Hygrometer die Abänderung gegeben, daß die Kugel an dem Arme des Instrumentes, in welchem sich

das inwendige Thermometer befindet, so gebogen ist (Fig. 75.), daß die Kugel des Thermometers c möglichst nahe an der äußeren Oberfläche des Goldreifs sich befindet, so daß die Entfernung ec höchstens zwei pariser Linien beträgt. Er trifft diese Einrichtung, damit die Uebereinstimmung zwischen der Temperatur des äußern Umfangs, an welchem sich die Dünste der Atmosphäre condensiren, und der des Thermometers möglichst genau sei. Je weiter das Thermometer von der äußern Oberfläche der Kugel entfernt ist, desto niedriger werden die Anzeigen des innern Thermometers, eine Folge der schlechten Leitung der Flüssigkeit und des Glases. Ferner bemerkt August, daß man sich nicht eher für überzeugt halten kann, einen richtigen Versuch gemacht zu haben, als wenn man bemerkt, daß das innere Thermometer in dem Augenblick, wo äußerlich der Hauchring sichtbar wird, auch zugleich zu sinken aufhört, und mit dem darauf beginnenden Steigen desselben der Hauchring auch wieder verschwindet.

Das Körnersche Instrument hat aber vor dem Daniellschen die Vorzüge, daß es minder kostbar, minder zerbrechlich und leichter zu transportiren ist. Ueberdieß ist die beim Daniellschen Hygrometer gemachte Voraussetzung, daß die Temperatur des Schwefeläthers der des Glases gleich sei, nicht genau richtig. Gewöhnlich ist das Körnersche Instrument mit aufwärts gebogener Kugel verfertigt; leichter in ein Futteral einzupassen und zu transportiren ist es aber, wenn es mit gewöhnlicher grader Röhre versehen ist. Nach Baumgartner thut man gut, am untern Theile der Kugel ein kleines Zäpfchen vorstehen zu lassen und das Schälchen an der untern Stelle zu durchlöchern, damit jenes Zäpfchen durch die Oeffnung gehe und sich das Schälchen wohl an die Kugel anlege. Das Zäpfchen dient zur Ableitung des zu reichlich zugegebenen Aethers. Es ist übrigens wesentlich, daß die Schale aus dünnem Metalle verfertigt sei und einen dauerhaften Glanz habe, weßwegen sie gewöhnlich vergoldet wird. Am besten sind silberne inwendig und auswendig vergoldete Schälchen.

Durch Einfachheit zeichnet sich die von Bohnenberger angegebene Vorrichtung aus. Die Kugel eines empfindlichen Thermometers wird mit einer Lage von Musselin überzogen, und über diese ein dünner gläserner, äußerlich vergoldeter Cylinder geschoben, dessen Höhe etwa 1,5 seines Durchmessers beträgt. Damit Kugel und Cylinder bei der Erkältung sich nicht zu stark drücken, ist es vortheilhaft, jene mit einigen Lagen Musselin zu umwickeln, ehe sie in diesen geschoben wird. Beim Gebrauche werden einige Tropfen Aether vorsichtig in den Cylinder gegossen. Durch die Verdunstungskälte sinkt das Thermometer und eben so wie bei dem Daniellschen Instrumente wird die Angabe des Thermometers in dem Momente beobachtet, in dem sich der erste Niederschlag zeigt.

Baumgartner gibt zum Gebrauch des Schwefelätherhygrometers folgende Vorsichtsmaßregeln an, welche sich aus der Einrichtung dieses Hygrometers und aus den Principien auf denen er beruht, ergeben. Man soll stets wenigstens zwei Aethersorten von verschiedener Stärke zur Hand haben und zuerst die

schwächere brauchen, wenn man nicht schon vornhinein weiß, daß der Bethauungspunkt tief unter der bestehenden Lufttemperatur liegt. Braucht man bei ziemlich feuchter Luft zu starken Schwefeläther, so sinkt das Quecksilber zu schnell, Luft und Quecksilber werden nicht gleich stark abgekühlt, und die Quecksilbersäule sinkt in der kurzen Zeit, während man das Auge von der Kugel auf die Röhre richtet und den Stand der Säule erblickt, um mehr als der Beobachtungsfehler betragen soll, selbst wenn man so glücklich ist, schon den ersten feinsten Beschlag wahrzunehmen. Bei großer Trockenheit bringt man mit schwachem Aether überhaupt nicht die zum Beschlagen nöthige Erkältung hervor. Man muß sich hüten neuen Aether nachzutröpfeln, wenn man Grund hat zu vermuthen, die Temperatur sei dem Bethauungspunkte nahe, bevor das Quecksilber wieder zu steigen anfangen will, weil jeder neu zugegebene Aethertropfen ein schnelles Sinken des Thermometers erzeugt. Glaubt man den rechten Augenblick des Beschlagens übersehen zu haben, so kann man den Thau von der stark beschlagenen Kugel durch Berührung mit einem feinen Tuche wegwischen und sehen, ob er sich alsogleich wieder bildet. So lange dieses der Fall ist, steht das Quecksilber immer noch unter dem Thaupunkte, und erst wenn der Thau nach dem Wegwischen nur langsam entsteht, kann man den Stand des Thermometers als dem Thaupunkte entsprechend ansehen. Uebrigens ist dieses immer nur ein Nothbehelf und muß der directen Beobachtung des ersten Thauabsatzes nachstehen. Das Zutröpfeln des Schwefeläthers geschieht, mit einem Glasstängelchen oder besser mit einem kleinen Pinsel. Baumgartner braucht bei Körners Hygrometer auch mit Vortheil eine kleine Vorrichtung, die durch bloßes Berühren mit der Hand die nöthige Aetherportion auf die Kugel leitet. Sie besteht aus einem kleinen (1 Kub.Z. haltenden) Gefäße a (Fig. 76.) aus dünnem Metall, das den Schwefeläther enthält. Durch den Deckel dieses Gefäßes geht ein heberförmig gekrümmtes Haarröhrchen b. Außerdem hat dieser Deckel noch eine andere Oeffnung, schließt aber übrigens das Gefäß recht wohl. So wie dieses Gefäß mit der Hand berührt wird und der Zeigefinger die Oeffnung schließt, treibt die durch die Wärme der Hand vermehrte Spannkraft der Luft im Gefäße den Aether in das Röhrchen und leitet ihn auf die Thermometerkugel. So wie man die Hand zurückzieht, entweicht aus der nun freien Oeffnung Luft und das Zutröpfeln des Aethers hört auf.

Um die Feuchtigkeit einer abgesperrten Luftmasse zu untersuchen, bedient sich Baumgartner der Fig. 77. abgebildeten Vorrichtung, wo A der Recipient ist, a ein von Außen vergoldetes Schälchen wie ein Fingerhut, das eine Thermometerkugel aufnehmen kann, und überdieß noch etwas Raum für Schwefeläther übrig hat. Dieses Schälchen beschlägt im Innern des Recipienten grade eben so, wie das an Körners Hygrometer, wenn der verdunstende Schwefeläther die gehörige Temperaturverminderung erzeugt hat, und das Thermometer, welches sich darin befindet, zeigt die dabei stattfindende Temperatur an.

Bei den bisher angeführten Hygrometern wird Dampf aus der Atmosphäre zu Wasser verdichtet, auf dem entgegengesetzten Principe be-

ruhen daher diejenigen Instrumente, bei denen das Wasser in die Atmosphäre verdampft, und aus der Menge des hierbei von der Atmosphäre aufgenommenen Dampfes auf die Menge des schon vorher in ihr enthaltenen geschlossen wird. Bei der Verdunstung des Wassers in die Luft, wird wenn diese Verdunstung von einer benetzten Thermometerkugel aus geschieht, dieser die zu Herstellung des Dampfes nöthige Wärme entzogen und diese Temperaturveränderung durch das Thermometer angezeigt. Das Thermometer sinkt aber stets nur bis zu einem constanten Punkte, zum Zeichen, daß das weiter verdunstende Wasser dem Thermometer keine Wärme mehr entzieht, sondern die Verdunstung nun auf Kosten derjenigen Wärme geschieht, welche die zunächst umgebende Luft verliert, während sie sich von der Luftwärme bis zur Verdunstungskälte abkühlt. Aus dem Grade, bis zu welchem das Thermometer sinkt, kann nun die Spannung des in der Luft enthaltenen Wasserdunstes berechnet werden.

Der erste welcher in der angedeuteten Art hygrometrische Beobachtungen anstellte, war Leslie. Er bediente sich hierzu seines Differentialthermometers (s. d. Art.). Bekanntlich ist dieses mit zwei Kugeln versehen, und zeigt durch den Stand der in ihm enthaltenen Flüssigkeit die geringsten Temperaturunterschiede an, welche an beiden Kugeln stattfinden. Ueberzieht man daher eine der beiden Kugeln mit Papier oder Musselin und benetzt denselben mit Wasser, so wird dieses um so begieriger in Dampf verwandelt, je trockner die Luft ist, und da die Wärme, welche das Wasser, bei seiner Verwandlung in Dampf, den mit ihm in Berührung befindlichen Körpern entzieht, der Menge des erzeugten Dampfes proportional ist, so kann man aus der erzeugten Kälte und aus dem veränderten Stande des Differentialthermometers auf die Trockenheit der Atmosphäre schließen. Bei der Anwendung dieses sehr empfindlichen Instrumentes fand man jedoch mehre schwer zu überwindende Schwierigkeiten. Es ist schwierig das Differentialthermometer auf wirkliche Grade der Temperatur mit Sicherheit zu reduciren, so daß diese durch die Scala des Differentialthermometers selbst angegeben werden; die eigentliche Temperatur mit dem Differentialthermometer zu messen ist gänzlich unmöglich. Die beiden Kugeln desselben werden endlich nicht allein durch die künstlich erzeugte Verdunstung, sondern überdieß auch durch andere Umstände afficirt, namentlich übt das Licht einen bedeutenden Einfluß aus.

Bei weitem vorzüglicher ist daher dasjenige Instrument welches August unter dem Namen eines Psychrometers angegeben hat. Ein solches ist in Fig. 78. abgebildet, und Baumgartner beschreibt dasselbe, wie folgt.

abcd ist ein messingener Rahmen, innerhalb dessen sich zwei auf einander liegende Glastafeln befinden, wovon eine matt geschliffen ist. Auf dieser sind neben einander zwei Thermometer e und f befestigt, die sehr empfindlich sind, indem 0,°1 C. noch ¼ L. groß ist, ihre Scala reicht von — 25° C. bis 50° C. Eines derselben, nämlich f ist an der Kugel mit Musselin überzogen und zum Benetzen bestimmt, die Kugel hängt frei in einem runden Ausschnitt des Rahmen, das andere un-

terscheidet sich von einem gewöhnlichen Thermometer in nichts und dient blos zur Angabe der Lufttemperatur. Zwischen den zwei Thermometern befindet sich ein kleines gläsernes, mit reinem Wasser gefülltes Gefäß g; durch dessen messingenen Deckel geht eine $\frac{1}{2}$ L. weite Glasröhre, die einen Baumwollfaden von der Kugel des Thermometers f in das Wasser führt. Dieser Faden zieht durch Capillarität das Wasser beständig in die Höhe und bringt es an die Thermometerkugel, so daß man in jedem Augenblick, ohne einen besondern Versuch anstellen zu müssen, den Unterschied im Stande beider Thermometer beobachten und daraus die Feuchtigkeit in der Luft abnehmen kann. Es ist begreiflich, daß beide Thermometer sehr genau mit einander übereinstimmen und einerlei Empfindlichkeit besitzen müssen, darum sollen auch beide gleich weite Röhren und gleich große Kugeln haben.

Dieses Instrument hat vor den bisher erwähnten den großen Vorzug, daß man um es zu beobachten, nicht jedesmal besondere Anstalten zu treffen hat, sondern ohne weiteres den Stand beider Thermometer ablesen, auch jede Veränderung in der Luftfeuchtigkeit bemerken kann.

Um nun die Spannung des in der Luft enthaltenen Wasserdunstes zu berechnen, hat August die Formel entwickelt

$$x = \acute{e} - \frac{0{,}558\,(t - t')\,b}{\lambda - t'}$$

in welcher bedeutet: x die Spannung des in der Luft enthaltenen Wasserdunstes; t die Luftwärme, welche das freie Thermometer angibt; t' die Verdunstungskälte, durch das befeuchtete Thermometer bestimmt; b den Barometerstand, auf 0° Quecksilberwärme reducirt; é die zur Temperatur t' gehörige Expansivkraft des Dampfes im Maximum, auf dieselbe Maßeinheit mit b bezogen; λ die latente Wärme des Dampfes bei 0° (also 640° C. oder 512° R.) Diese Formel stimmt auch mit der Erfahrung überein, wenn das befeuchtete Thermometer eine Eisrinde hat, nur muß dann λ um die latente Wärme des Wassers bei 0°, d. h. um 60° R. oder 75° C. erhöht werden. Um nach der angegebenen Formel rechnen zu können, muß man für jede Temperatur t' die zugehörige Dunstspannung im Maximum é kennen. Diese ergibt sich aus nachstehender von August zusammengestellter Tafel.*)

*) Auch die nachstehenden Anweisungen zur Benutzung dieser Tafel sind von August selbst.

Tafel der Expansionen des Wasserdunstes im Maximum für Reaum. Grade und pariser Linien.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—29	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
28	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12
27	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
26	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15
25	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17
—24	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19
23	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22
22	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24
21	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27
20	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30
—19	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33
18	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37
17	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,41
16	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46
15	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51
—14	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,56
13	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,62
12	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,68
11	0,82	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,77	0,76	0,75
10	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83
— 9	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
8	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00
7	1,20	1,19	1,18	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10
6	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21
5	1,44	1,43	1,41	1,40	1,39	1,38	1,36	1,35	1,34	1,33
— 4	1,57	1,56	1,55	1,54	1,52	1,50	1,49	1,48	1,46	1,45
3	1,72	1,71	1,69	1,68	1,66	1,65	1,63	1,62	1,60	1,59
2	1,88	1,86	1,85	1,83	1,81	1,80	1,78	1,77	1,75	1,74
1	2,05	2,03	2,02	2,00	1,98	1,96	1,95	1,93	1,92	1,90
0	2,24	2,22	2,20	2,18	2,16	2,14	2,12	2,11	2,09	2,07
+ 0	2,24	2,26	2,28	2,30	2,32	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42
1	2,44	2,46	2,48	2,50	2,52	2,54	2,57	2,59	2,61	2,63
2	2,65	2,68	2,70	2,72	2,75	2,77	2,79	2,82	2,84	2,86
3	2,89	2,91	2,94	2,96	2,99	3,01	3,04	3,06	3,09	3,11
4	3,14	3,16	3,19	3,22	3,24	3,27	3,30	3,33	3,35	3,38
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
+ 5	3,41	3,44	3,47	3,49	3,52	3,55	3,58	3,61	3,64	3,67
6	3,70	3,73	3,76	3,79	3,82	3,85	3,89	3,92	3,95	3,98
7	4,01	4,05	4,08	4,11	4,15	4,18	4,21	4,25	4,28	4,31
8	4,35	4,38	4,42	4,46	4,49	4,53	4,56	4,60	4,64	4,67
9	4,71	4,75	4,79	4,82	4,86	4,90	4,94	4,98	5,02	5,06
+ 10	5,10	5,14	5,18	5,22	5,26	5,30	5,34	5,38	5,43	5,47
11	5,51	5,56	5,60	5,64	5,69	5,73	5,78	5,82	5,87	5,91
12	5,96	6,00	6,05	6,10	6,14	6,19	6,24	6,29	6,34	6,38
13	6,43	6,48	6,53	6,58	6,63	6,68	6,74	6,79	6,84	6,89
14	6,94	7,00	7,05	7,10	7,16	7,21	7,27	7,32	7,38	7,43
+ 15	7,49	7,54	7,60	7,66	7,72	7,77	7,83	7,89	7,95	8,01
16	8,07	8,13	8,19	8,25	8,31	8,38	8,44	8,50	8,56	8,63
17	8,69	8,76	8,82	8,89	8,95	9,02	9,09	9,15	9,22	9,29
18	9,36	9,42	9,49	9,56	9,62	9,70	9,77	9,85	9,92	9,99
19	10,06	10,14	10,21	10,28	10,36	10,43	10,51	10,59	10,66	10,74
+ 20	10,82	10,90	10,98	11,05	11,13	11,21	11,29	11,37	11,46	11,54
21	11,62	11,71	11,79	11,87	11,96	12,04	12,13	12,22	12,30	12,39
22	12,48	12,57	12,66	12,75	12,84	12,93	13,02	13,11	13,20	13,30
23	13,39	13,48	13,58	13,67	13,77	13,87	13,96	14,06	14,16	14,26
24	14,36	14,46	14,56	14,66	14,76	14,87	14,97	15,07	15,18	15,28
+ 25	15,39	15,50	15,60	15,71	15,82	15,93	16,04	16,15	16,26	16,37
26	16,48	16,60	16,71	16,83	16,94	17,06	17,17	17,29	17,41	17,53
27	17,65	17,77	17,89	18,01	18,13	18,25	18,38	18,50	18,63	18,75
28	18,88	19,01	19,14	19,26	19,39	19,52	19,66	19,79	19,92	20,05
29	20,19	20,32	20,46	20,60	20,73	20,87	21,01	21,15	21,29	21,43
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Der Gebrauch dieser Tafel, um den Feuchtigkeitszustand der Luft aus einer Psychrometerbeobachtung zu berechnen, ergibt sich nun sehr einfach aus dem Vorhergehenden. Man sucht zu der Temperatur des feuchten Thermometers die entsprechende Dunstspannung in der Tabelle auf, in welcher man die ganzen Grade in der ersten Längenspalte, die Zehntel-Grade in der ersten Querreihe angedeutet findet. Die beim Zusammentreffen der zu den ganzen Graden gehörigen Querreihe und der zu den Zehnteln gehörigen Längenspalte gefundene Zahl drückt in pariser Linien die gesuchte Expansion des Wasserdunstes im Maximum aus. Hätten nun beide Thermometer des Psychrometers keinen Unterschied, sondern gäbe das feuchte genau dieselbe Temperatur an, welche das trockne zeigt, so würde die auf diese Weise in der Tafel gefundene Zahl unmittelbar den Dunstdruck bestimmen, weil dann der Dunst in der Atmosphäre im Maximum und die Luft so feucht sein müßte, daß sie keinen Dunst mehr aufnehmen könnte. In den Fällen aber, wo das

trockne Thermometer um einige Grade höher steht, muß man $\frac{3}{8}$ dieser durch Reaumursche Grade ausgedrückten Temperaturdifferenz (oder wenn das feuchte Psychrometer beeiset ist, nur $\frac{1}{3}$) von jener in der Tabelle aufgesuchten Zahl subtrahiren, um gleichfalls in Pariser Linien die Spannung des in der Atmosphäre befindlichen Dunstes zu erhalten. Ist der Barometerstand beträchtlich größer oder kleiner als 336‴, so muß man noch $\frac{11}{10000}$ dieser Abweichung mit dem Unterschiede beider Thermometer multipliciren, und im Falle eines größeren Barometerstandes dieses Product zu der schon gefundenen Größe hinzufügen; bei einem niedrigeren Barometerstande davon subtrahiren.

Diese Regeln der abgekürzten Rechnung lassen sich auf die Formeln bringen:

$$x = \acute{e} - \frac{3}{8}(t - t') - 0{,}0011\,(336 - b)\,(t - t')$$

$$x - \acute{e} - \frac{1}{3}(t - t') - 0{,}001\,(336 - b)\,(t - t')$$

Genauer aber sind die Ausdrücke

$$x = \acute{e} - \frac{0{,}558\,(t - t')\,b}{512 - t'}$$

$$x = \acute{e} - \frac{0{,}558\,(t - t')\,b}{572 - t'}$$

von denen der erste für Beobachtungen des bloß nassen, der andre für Beobachtung des mit einer Eisrinde überzogenen Psychrometers gültig ist. August führt als Beispiel an.

Die größte Psychrometerdifferenz hat in unsrer Gegend (Berlin) Professor Erman am 20. Mai 1827 um $2\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittags bei einem Barometerstande von 338‴,23 beobachtet.

Das trockne Thermometer zeigte 19,1° R.
Das feuchte 11,1°.
Die Differenz beider war also 8°.

Um hieraus die Spannung des atmosphärischen Dunstes berechnen zu können, suchen wir die zu 11,1° gehörige Spannung in der oben mitgetheilten Tafel auf. Man findet 5,56; von dieser Zahl subtrahirt man $\frac{3}{8}$ der beobachteten Temperaturdifferenz, welches in diesem Falle 3,00 beträgt. Die Subtraction gibt 2,56‴. Da aber das Barometer 2 Linien höher als 336‴ stand, so ist noch $0{,}0022 \times 8 = 0{,}02$ von der gefundenen Zahl zu subtrahiren. Man erhält also auf diese Weise $5{,}56 - \frac{3}{8} \times 3{,}00 - 0{,}0022 \times 8 = 2{,}54$‴ als Expansion des in der Luft enthaltenen Dunstes.

Sucht man diese Zahl wieder in der Tafel auf, so findet man, daß sie für die Temperatur 1,5° das Maximum angibt. Es ergibt sich daraus, daß wenn die Luft sich an dem gedachten Tage von ihrer Temperatur 19,1° bis unter 1,5° hätte abkühlen können, ein tropfbarer Niederschlag entstanden sein würde. Es ist also 1,5° der Thaupunkt nach dem Psychrometer.

Rechnet man nach der genaueren Formel, so ist

$$x = 5{,}56 - \frac{0{,}558 \cdot 8 \cdot 338{,}2}{512 - 19{,}1}$$

$$x = 5{,}56 - \frac{1409{,}17}{492{,}9}$$

$$x = 5{,}56 - 3{,}06 = 2{,}50'''$$

Man findet also die Expansion um 4 Hundertel einer Linie geringer, und es gehört zu derselben der Thaupunkt 1,3°.

Diese Abweichung kann in den meisten Fällen vernachlässiget werden.

Sobald nun auf diese Weise die Spannung des in der Atmosphäre enthaltenen Dunstes und zugleich mit derselben der Thaupunkt gefunden ist, hat die Bestimmung aller übrigen für die Hygrometrie wichtigen Punkte keine Schwierigkeit mehr. Will man z. B. den Sättigungszustand der Luft kennen lernen, d. h. will man wissen, wie viel die Luft von der Dunstmenge, die sie überhaupt bei der vorhandenen Temperatur aufzunehmen im Stande ist, schon aufgenommen hat, so muß man die zu der Luftwärme gehörige Spannungszahl in der Tafel aufsuchen. In unserm Falle gehört zu 19,1° die Zahl 10,14'''. Da nun der Dunst nach der Psychrometerbeobachtung die Spannung 2,50''' hat, aber bei dieser Temperatur die Spannung 10,14''' haben könnte, sich bei derselben Temperatur die Dunstmengen aber wie die Spannungen verhalten, so ist $\frac{2{,}50}{10{,}14} = 0{,}25$ ein Ausdruck für die verhältnißmäßige Menge des Dunstes in der Luft. Wir sehen also, daß zur Zeit jener Beobachtung die Luft nur 25 Hunderttheile, d. i. ein Viertheil der Dunstmenge enthielt, welche sie bei vollkommener Sättigung enthalten konnte. Diese Zahl, $\frac{2{,}50}{10{,}14}$, welche man im Allgemeinen erhält, wenn man die zum Thaupunkte gehörige Expansion des atmosphärischen Dunstes (Expansio roralis) durch die Expansivkraft des Maximums (Exp. maxima) dividirt, (wir wollen sie durch

$$p = \frac{\text{Exp. ror.}}{\text{Exp. max.}}$$

vorstellen) dient ferner zur Bestimmung für das Gewicht des in einem Cubikraum Luft enthaltenen Wasserdunstes. Kennt man nämlich ein für allemal das Gewicht eines Cubikraumes Luft bei allen Temperaturen, so darf man dasselbe in jedem besondern Falle nur mit dieser Zahl p multipliciren. — Folgende kleine Tafel über die absoluten Gewichte eines pariser Cubikfußes Wasserdunst im Maximum bei den verschiedenen Temperaturen, wird diese Rechnung sehr erleichtern. Diese enthält einen ziemlich genauen Ausdruck dieser Größen in Granen für die einzelnen Grade der 80theiligen Scale.

Tafel zur Bestimmung des Dunstgewichtes im Maximum für pariser Cubikfuße und Reaumursche Grade.

Grade	Gran	Grade	Gran	Grade	Gran	Grade	Gran	Grade	Gran
—20	0,60	—10	1,54	+0	3,65	10	7,90	20	15,88
—19	0,66	— 9	1,69	+1	3,96	11	8,50	21	16,97
—18	0,73	— 8	1,85	+2	4,29	12	9,14	22	18,11
—17	0,81	— 7	2,03	+3	4,64	13	9,81	23	19,32
—16	0,89	— 6	2,23	+4	5,01	14	10,53	24	20,60
—15	0,98	— 5	2,42	+5	5,42	15	11,30	25	21,96
—14	1,08	— 4	2,63	+6	5,86	16	12,11	26	23,38
—13	1,18	— 3	2,86	+7	6,33	17	12,97	27	24,90
—12	1,29	— 2	3,10	+8	6,82	18	13,89	28	26 47
—11	1,41	— 1	3,36	+9	7,34	19	14,85	29	28,14

In unserm Falle würde also das aus dieser Tafel für 19,1° gefundene Gewicht, nämlich 14,85, zu multipliciren sein mit 0,25. Dieß gibt 3,71. Es wiegt also der in einem Cubikfuß Luft enthaltene Dunst unter diesen Umständen 3,71 d. i. nahe 3¾ Gran. —

Der Barometerstand hat auf die Zahl der vorigen Tafel keinen Einfluß, weil nach einem bekannten Dalton'schen Gesetze sich eben so viel Dunst in der Luft bildet als im leeren Raum.

Genauer findet man aber das Gewicht eines Cubikfußes Dunst bei der beliebigen Spannung x und der Temperatur t nach der Formel

$$y = \frac{1{,}63\ x}{1 + 0{,}005\ t}\ \text{Gran},$$

wo x die Expansion für den Thaupunkt und t die Luftwärme bedeutet.

Die freie atmosphärische Luft ist nie vollkommen trocken, weil sie nirgends ganz ohne Wärme ist, und Wasserdunst sich bei jedem Wärmegrade bilden kann. Wäre sie irgendwo vollständig trocken, so müßte die Beobachtung des Psychrometers die Expansion $x = 0$ ergeben.

Zu den bisher als den vorzüglichsten erwähnten Hygrometern wurden keine hygroskopischen, d. h. durch die Feuchtigkeit veränderlichen Körper in Anwendung gebracht. Solche Körper sind: Haar, Fischbein, Knochen, Elfenbein, Federkiele, Darmseiten, Rattenblasen, Einhörnchenblasen; Grannen von verschiedenen Saamen z. B. von Rauhhafer (avena fatua), von Erodium gruinum und ciconium, Holz, Papier; geglühte Potasche, salzsaurer Kalk, Schwefelsäure, Kobaltoxyd, Thonschiefer, Glas u. s. w. Einiger hierauf gegründeter Spielereien wurde oben Erwähnung gethan; es bleibt noch übrig die vorzüglichern, den Namen Hygrometer verdienenden Instrumente dieser Art zu beschreiben.

Unter allen Substanzen scheint in hygroskopischer Hinsicht am empfindlichsten und in Bezug auf die von ihm gewährten Anzeigen der Feuchtigkeitszustände keine beständiger, als das Menschenhaar, nachdem es eine gehörige Vorbereitung erfahren. Der Erfinder des **Haarhygrometers** ist **Saussure**.

Das Gerippe dieses Instrumentes (Fig. 79.) bildet einen messingenen viereckigen Rahmen, von etwa 12 Z. Länge und 3 Z. Breite mit der nöthigen Einrichtung um das Haar, den Zeiger und die Scale anbringen zu können. Am obern Theile befindet sich ein Schraubenkloben a, der das obere Ende des Haares hält und selbst durch eine Hülse b geht, welche mittelst einer Schraube c an den Rahmen befestigt ist, damit er sanft mittelst einer eignen Mikrometerschraube d gehoben und gesenkt werden kann. Am untern Theile befindet sich die Gabel zur Aufnahme des Zeigers ef. Dieser besteht aus zwei Theilen, wovon der eine dazu dient, die Feuchtigkeitsgrade anzugeben, der andere, das Haar aufzunehmen und zu spannen. Der erstere bildet einen meistens verjüngt zulaufenden Stift, der letztere besteht aus einem 1 L. dicken Rollenstück von etwa 2 L. im Halbmesser mit 2 Einschnitten oder Zargen, die gegen Innen zu immer enger werden und wovon eine für das Haar, die andere für den Faden bestimmt ist, an welchem das Gegengewicht hängt. An jedem Ende der Zarge befindet sich ein kleiner Kolben mit einer Schraube; der untere ist zur Befestigung des Haares, der obere zur Befestigung des Seidenfadens bestimmt, der das Gegengewicht trägt. Die Welle, um welche sich der Zeiger dreht, muß vollkommen kreisrund, möglichst dünn, und wo möglich aus Glockengut, nicht aus Stahl bestehen, damit sie nicht rosten kann; das Ganze muß genau äquilibrirt sein und daher unbelastet in jeder Lage stehen bleiben. Uebrigens ist es vortheilhaft, den Zeiger eines Instrumentes, das zum Transport bestimmt ist, in seiner untersten Lage befestigen zu können, damit die Erschütterungen, denen es ausgesetzt ist, das Haar nicht afficiren. Zu diesem Zwecke befindet sich am untern Theile des Rahmen eine Art Sperrhaken l, der durch Lüften einer Schraube m beweglich gemacht, durch Anziehen derselben aber befestigt wird. Soll das Instrument transportirt werden, so bringt man mit einem Finger den Zeiger in die unterste Lage, lüftet die Schraube m und hebt den Sperrhaken so weit, daß sein längerer Schenkel die Rolle und der kürzere das Gewichtchen hält und befestigt ihn in dieser Lage durch Anziehen obiger Schraube. Die zu Hygrometern bestimmten Haare müssen fein, weich, nicht gekräuselt und noch weniger gespalten sein, von einem gesunden lebendigen Kopfe geschnitten, nicht von selbst ausgefallen sein. Blonde Haare haben diese Eigenschaften öfter beisammen als dunklere. Sie brauchen nicht länger als 10 Z. zu sein, denn da sich ein Haar in gut zubereitetem Zustande vom Punkte der äußersten Trockenheit bis zu dem der größten Feuchtigkeit um 0,0245 seiner Länge ausdehnt, so entspricht einem Grade eine Verlängerung von 0,000245, oder wenn die Länge des Haares 10 Zoll beträgt 0,0294 L. Hat die Rolle 2 L. im Halbmesser und der Zeiger 3 Z. Länge, so fällt ein Grad 0,529 L. groß aus, und kann daher noch recht wohl in kleinere Theile durch das Augenmaß ge-

theilt werden. Bevor man ein Haar zu einem Hygrometer verwendet, muß es vom natürlichen Fett befreit werden. Dieses geschieht nach Saussures Anleitung auf folgende Weise: Man nimmt ein Büschel Haare von der Dicke eines Federkieles, legt sie einzeln auseinander und nähet sie in einen Leinwandsack von etwa 15 L. Breite ein, so daß sie von der Leinwand allseitig gedeckt werden, ohne einander zu berühren. Hierauf gibt man sie in einen langhalsigen Kolben mit 180 Gran Soda in 30 Unzen Wasser, erhitzt die Lösung bis das Wasser kocht und unterhält das Kochen 30 Minuten lang, nimmt dann den Sack heraus, kocht ihn noch einmal einige Minuten lang in reinem Wasser, schneidet ihn dann auf, nimmt die Haare heraus, schwenket sie in kaltem Wasser und läßt sie in der Luft trocknen.

Sind die getrockneten Haare rein, weich, glänzend, durchscheinend, und nicht verfilzt, so sind sie gewiß nicht zu stark gelauget, sind sie aber rauh, undurchscheinend und aneinanderhängend, so sind sie entweder zu lange oder in zu starker Lauge gekocht worden. Letzteres kann auch der Fall sein, selbst wenn man zwischen Wasser und Soda das rechte Verhältniß genommen und die Zeit des Kochens nicht über die Gebühr verlängert hat; ein zu rasches Sieden der Lauge oder der Gebrauch eines zu weiten Gefäßes kann die Verdünstung des Wassers und die Concentration der Lauge zu sehr begünstigt haben. Selten sind alle Haare, die aus derselben Lauge kommen, gleich stark gelaugt; man erkennt die weniger gelaugten daran, daß sie weniger durchsichtig sind als die andern. Diese dehnen sich auch weniger aber schneller aus als die mehr gelaugten.

Hat man das Haar gehörig zubereitet und gut befunden, so spannt man es in den Rahmen ein, und bringt das Gegengewicht zum Spannen desselben an. Dieses soll nicht über 3 Gran betragen. Ist es größer, so läuft man Gefahr, daß es das Haar zu sehr dehne und in seiner Organisation so abändere, daß es durch die Feuchtigkeit unregelmäßig ausgedehnt wird. Man darf sich nicht dadurch irre machen lassen, daß das Haar anfangs von einem so kleinen Gewichte nicht völlig gespannt wird; sobald es einmal einer sehr feuchten Luft ausgesetzt war, tritt die Spannung schon ein. Ist das Haar eingespannt, so schraubt man eine beliebig getheilte Scale auf, und schreitet hierauf zur Bestimmung der zwei festen Punkte.

Zur Bestimmung des Feuchtigkeitspunktes nimmt Saussure eine 15 — 16 Z. hohe Glasglocke, benetzt sie inwendig mittelst eines Schwammes mit Wasser, hängt das Hygrometer hinein und setzt sie auf einen mit Wasser bedeckten Teller. Die Wirkung der Feuchtigkeit auf das Haar zeigt sich sogleich, besonders wenn man von Zeit zu Zeit an das Glas klopft und dadurch den Zeiger von etwa einwirkenden Hindernissen befreit. Gut gelaugte Haare erreichen schon nach einer Stunde die größte Ausdehnung und bleiben dabei, so lange die innern Wände des Recipienten naß sind. Verlängert sich das Haar nach 2 — 3 Stunden noch immer, so ist es zu stark gelaugt und man muß es durch ein weniger gelaugtes ersetzen. Dasselbe muß auch geschehen wenn es rückgängig wird. Soll das Instrument besonders gut

ausfallen, so muß man das Haar nach dieser Operation einige Tage den Veränderungen der Luftfeuchtigkeit aussetzen, und dann den Punkt der größten Feuchtigkeit noch einmal bestimmen.

Die Bestimmung des Punktes der größten Trockenheit fordert mehr Umständlichkeit und ist nicht so leicht wie die des Punktes der größten Feuchtigkeit. Man muß sich da vorläufig das zum Austrocknen der Luft nöthige Materiale bereiten. Nach Saussure geschieht dieses auf folgende Art: Man nimmt einen cylindrischen Recipienten, der nicht viel weiter und höher ist, als daß das Hygrometer hineingeschoben werden kann, biegt ein Eisenblech von der Höhe des Recipienten so, daß es dessen halbe Breite einnimmt, legt es auf glühende Kohlen und bestreut es auf beiden Seiten mit einem aus gleichen Theilen Salpeter und rohem Weinstein bestehenden Pulver, damit es verpuffe und das Alkali zurücklasse und das Blech gleichförmig bedecke. Dieses Blech läßt man auch nach der Verpuffung noch $\frac{1}{4}$ Stunde lang schwach glühen, damit das Kali fester werde und nicht ablaufe. So wie dieses geschehen ist, verstärkt man die Hitze bis zum Dunkelrothglühen und unterhält diesen Grad eine Stunde lang, nimmt das Blech vom Feuer und läßt es soweit abkühlen, bis es ohne Gefahr in den Recipienten geschoben werden kann, den man vorläufig schon erhitzt hat, hängt auch das Hygrometer hinein, stellt alles auf einen Teller, und sperrt es mit Wachs oder Quecksilber luftdicht. Anfangs schreitet der Zeiger sehr schnell gegen den Punkt der größten Trockenheit zu, aber seine Bewegung wird immer langsamer, je näher er der äußersten Grenze kommt; er erreicht sie aber in der Regel erst nach 2 — 3 Tagen und behält da einen bleibenden Stand. Um aber gewiß zu sein, daß dieses Stillstehen nicht bloß von einem Gleichgewichte zwischen den Dünsten und der Luft herrühre, erwärme man den Apparat durch directes Sonnenlicht oder durch Kohlenfeuer. Geht bei der Temperaturerhöhung der Zeiger nicht weiter abwärts, sondern vielmehr aufwärts, so ist dieses immer ein Zeichen, daß die Austrocknung hinreichend weit getrieben sei und daß die Bewegung des Zeigers bloß von der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung des Haares herrühre. Sind die beiden fixen Punkte der Scale auf diese Weise bestimmt, so kann man die Scale verzeichnen.

Zu den Erfordernissen eines guten Haarhygrometers gehört wie bei jedem Hygrometer, daß es unter denselben Umständen stets denselben Feuchtigkeitsgrad anzeige, und daß zwei verschiedene aber mit gleicher Genauigkeit gearbeitete Instrumente einen durchaus gleichmäßigen Gang haben. Das letztere ist zwar im Allgemeinen aber nie in einem hohen Grade der Schärfe zu erreichen. Das trocknere Haar ist immer weniger empfindlich als das weniger trockene; die Differenz in der Trockenheit mag nun eine Folge des verschiedenen Alters, oder des Standortes sein. Saussure fand, daß sogar Instrumente mit fast gleich alten Haaren um 1 bis 2 Grade von einander abwichen. Ueberhaupt wird jedes Haarhygrometer um so unempfindlicher, je älter es wird. Um die Empfindlichkeit eines Hygrometers zu prüfen, bringt man es in einen feuchte Luft enthaltenden Recipienten und setzt es kleinen Aende-

rungen der Temperatur aus. Beim geringsten Steigen der Temperatur muß der Zeiger gegen den Trockenheitspunkt sich hinbewegen und beim Sinken derselben gegen den Feuchtigkeitspunkt. Mehr gelaugte Haare sind empfindlicher als weniger gelaugte, dünnere empfindlicher als dickere. Man muß sich wohl vorsehen, daß nicht Rost an den Zapfen der Rolle die leichte Beweglichkeit dieser hindert.

Um eine Vorstellung von der Wirkungsart des Haarhygrometers zu geben, stellt Biot folgende Betrachtung an.

Um die Aufgabe zu vereinfachen, denken wir uns das Haar im leeren Raum wirkend, was sehr wohl zulässig ist, da seine Anzeigen darin für gleiche Spannungen des Dunstes sich eben so verhalten wie in der Luft, abgerechnet, daß sie augenblicklich erfolgen. Dieß vorausgesetzt kann man die Wirkung des Haars auf die Dünste ganz der gleich achten, welche die austrocknenden Substanzen, die man in den leeren Raum bringt, darauf ausüben. Wie sie, saugt es diese Dünste ein, so lange seine Anziehung zu denselben noch vermögend ist, sie niederzuschlagen. Brächte man nun in ein Manometer, welches einen Cubikmeter feuchte Luft enthält, einen Milligramme Kali oder Chlorcalcium, so würde dieser kleine Körper bei seiner Sättigung mit Feuchtigkeit eine so geringe Menge Dunstes einsaugen, daß das Gewicht derselben gar nicht in die Wage fallen und die durch seine Niederschlagung entstandene Verdünnung des Dunstes nicht durch das Barometer bemerklich werden könnte. Ganz das nämliche gilt auch für das Haar; bei der geringen Menge Wassers, mit der es sich zu schwängern vermag, kann man es auch als ohne Einfluß auf eine Veränderung des hygrometrischen Zustandes der Luft, auf die es wirkt, betrachten.

Untersuchen wir jetzt die verschiedenen Grade der Absorption (Einsaugung) die seine Verwandtschaft zum Wasserdunst bedingt. Bringt man zuvörderst das Hygrometer in einen mit Dunst vollkommen gesättigten Raum, — welches auch übrigens dessen Temperatur sei —, so sieht man die Nadel stets bei dem nämlichen Punkte stehen bleiben. Mithin verlängert sich das Haar unter diesen verschiedenen Umständen immer um gleichviel und saugt demnach auch die nämliche Menge Wassers ein. Dessen ungeachtet faßt ein gesättigter Raum je nach seiner Temperatur eine sehr verschiedene Menge von Dünsten; aber diese haben dabei immer das gemein, daß die geringste Kraft hinreicht, sie in Wasser zu verwandeln. Die Anziehung, die das Haar auf sie ausübt, ist eine Kraft dieser Art, die demnach ihre gewohnte Wirkung äußert; und da die daraus hervorgehende Absorption so gering ist, daß sie die Spannung des im Apparat zurückbleibenden Dunstes nicht merklich zu erniedrigen vermag, so ergibt sich, daß das Haar fortfahren muß diesen Dunst an sich niederzuschlagen, so lange seine Verwandtschaft zum Wasser nicht ganz und gar gesättigt ist. Hieraus erhellt, warum es in einem gesättigten Raume immer die nämliche Menge einsaugen muß, welches auch immer die Temperatur sein mag; wobei man jedoch von den Veränderungen absieht, die die Wärme etwa in seiner Anziehung zum Wasser hervorbringen könnte; Veränderungen, die jedoch der Erfah-

rung zufolge innerhalb des Umfanges der Thermometerscale ganz unmerklich scheinen, wenigstens so lange die Beschaffenheit des Haars selbst nicht dabei verändert wird.

Bringen wir jetzt das Hygrometer in einen nicht bis zur Sättigung mit Wasser geschwängerten Raum, so wird eine unendlich geringe Kraft nicht mehr hinreichen, die darin verbreiteten Dünste niederzuschlagen, denn sie widerstehen jetzt einem gewissen Grade von Druck oder von Erkältung. Demnach wird die Wirkung des Haars auf sie ihre Grenze finden, ehe es sich vollkommen damit gesättigt hat; denn einem allgemeinen Gesetze in den chemischen Erscheinungen zufolge nimmt die Verwandtschaft einer Substanz zu einer andern in dem Maße zu, als man sie ihr entzieht und mindert sie in dem Grade, als man sie damit sättigt. Wenn das völlig trockne Haar in das Manometer gebracht ist, so übt es zuerst auf die Dünste eine Anziehungskraft aus, die zu stark ist als daß diese ihr zu widerstehen vermöchten. Ein Theil derselben schlägt sich also in tropfbar flüssigem Zustande nieder, und wird durch das Haar eingesogen, welches sich dabei verlängert; aber mit dieser Einsaugung mindert sich auch die Begierde des Haars, Wasser anzuziehen, und endlich tritt eine Grenze ein, wo die Wirkung, die es auf die Dünste ausübt, hinsichtlich des Erfolgs dem Grade des Drucks oder der Kälte ganz gleich ist, den dieselben ohne in tropfbaren Zustand gebracht zu werden, aushalten können; dann widerstehen sie seiner Einwirkung und das Haar hört auf sich zu verlängern. Dieß zeigt also vermöge der Veränderlichkeit der Grenze, bei welcher es aufhört durch seine Verwandtschaft die Dünste zu fällen, die Grade der Sättigung des Raumes an. Diese Grenze hängt somit von dem Gesetze ab, nach welchem sich die Anziehungskraft des Haars zum Wasser mit seiner fortschreitenden Sättigung mindert. Und so wüßten wir denn, welche Kenntniß uns eigentlich nöthig wäre, um das Verhältniß der Verlängerung des Haars zu den, wirklich verdunsteten, Wassermengen theoretisch bestimmen zu können. Da wir jedoch von dem Gesetz dieser Abnahme eben so wenig, als man dem, wornach sich die Abnahme irgend einer andern chemischen Anziehungskraft richtet, wissen, so müssen wir von der Erfahrung darüber Aufschluß zu erlangen suchen, indem wir vielfältige Beobachtungen über das Hygrometer unter bekannten Umständen anstellen, um daraus auf empirische Weise das Gesetz, welches seine Anzeigen befolgen, herzuleiten. Dieß hat Gay-Lussac durch ein eben so einfaches als sicheres und sinnreiches Verfahren geleistet. Nachdem er sich ein Hygrometer verschafft hat, das einen sich vollkommen gleichbleibenden Gang hat, d. h. welches, unter die nämlichen Umstände versetzt, immer zu dem nämlichen Grade seiner Eintheilung zurückkehrt, hängt er es in einem großen Glasgefäße auf, das zum Theil mit Wasser oder einer bekannten Salzauflösung angefüllt ist, deren Spannung im leeren Raume bei einer gegebenen Temperatur er zuvor gemessen hat. Das Aufhängen des Hygrometers wird dadurch bewerkstelligt, daß man es inwendig an den Deckel des Gefäßes selbst befestigt, der aus einer ebenen Glasscheibe besteht. Man kittet diese Scheibe luftdicht an die Ränder des Gefäßes und setzt den Versuch ei-

nige Zeit fort. Bald wird durch die an allen Wänden des Gefäßes verbreitete Flüssigkeit der innere Raum mit Wasserdünsten gesättigt werden, bis zu der Grenze, welche die stattfindende Temperatur bedingt und nachdem sich das Hygrometer mit diesen Dünsten in Gleichgewicht gesetzt hat, bleibt es zuletzt bei einem gewissen Grade seiner Eintheilung stehen. Man sieht also, daß dieser Grad der beobachteten Spannung der Flüssigkeit entspricht, und wenn man den nämlichen Versuch bei der nämlichen Temperatur für verschiedene andere bekannte Grade der Spannung, die zwischen den Graden der größten Trockenheit und der vollkommensten Sättigung des Raumes durch die Dünste, die aus dem reinem Wasser aufgestiegen sind, wiederholt, so findet man dadurch eben so viel correspondirende Grade des Hygrometers, die einander so nahe liegen als man will. Dieß Verfahren läßt sich mit gleichem Erfolg auf alle Arten Hygrometer anwenden, und bietet somit ein vortreffliches Mittel zu ihrer Vergleichung dar. Gay-Lussac hat jedoch bis jetzt bloß für das Haarhygrometer davon Gebrauch gemacht, welches auch in der That zuerst verdient diese sichern Bestimmungen zu erhalten, da es alle andern an Empfindlichkeit und wenn man Saussure glauben darf, auch an Genauigkeit übertrifft. Seine Untersuchungen bei der Temperatur von 10° C. angestellt, lieferten ihm eine Reihe Resultate, woraus Biot durch Interpolation folgende Tabellen hergeleitet hat, in welchen die Spannungen des Wasserdunstes, die niedriger als das Maximum der Spannung sind, welches bei vollkommener Sättigung des Raums mit Dunst statt hat, in Hunderttheilen dieses Maximums ausgedrückt sind. Man kann selbst ohne großen Irrthum den Gebrauch dieser Tabellen auf jede andere Temperatur von 0° bis 100° C. ausdehnen, indem man als das Maximum der Spannung das, was jeder dieser Temperaturen zukommt, zu Grunde legt. Jedoch würden diese Verhältnißangaben für Temperaturen über 10° C. die Menge der Dünste etwas zu gering, für Temperaturen unter 10° etwas zu groß bestimmen.

Spannung des Dunstes.	Grade des Haarhygrometers.	Spannung des Dunstes.	Grade des Haarhygrometers.	Spannung des Dunstes.	Grade des Haarhygrometers.
0	0,00	34	57,42	68	84,06
1	2,19	35	58,58	69	84,64
2	4,37	36	59,61	70	85,22
3	6,56	37	60,64	71	85,77
4	8,75	38	61,66	72	86,31
5	10,94	39	62,69	73	86,86
6	12,93	40	63,72	74	87,41
7	14,92	41	64,63	75	87,95
8	16,92	42	65,53	76	88,47
9	18,91	43	66,43	77	88,99
10	20,91	44	67,34	78	89,51
11	22,81	45	68,24	79	90,03
12	24,71	46	69,03	80	90,55
13	26,61	47	69,83	81	91,05
14	28,51	48	70,62	82	91,55
15	30,41	49	71,42	83	92,05
16	32,08	50	72,21	84	92,54
17	33,76	51	72,94	85	93,04
18	35,43	52	73,68	86	93,52
19	37,11	53	74,41	87	94,00
20	38,78	54	75,14	88	94,48
21	40,27	55	75,87	89	94,95
22	41,76	56	76,54	90	95,43
23	43,26	57	77,21	91	95,90
24	44,75	58	77,88	92	96,36
25	46,24	59	78,55	93	96,82
26	47,55	60	79,22	94	97,29
27	48,86	61	79,84	95	97,75
28	50,18	62	80,46	96	98,20
29	51,49	63	81,08	97	98,69
30	52,81	64	81,70	98	99,10
31	53,96	65	82,32	99	99,55
32	55,11	66	82,90	100	100,00
33	56,27	67	83,48		

Diese Tabelle ist bestimmt, den Grad des Haarhygrometers finden zu lassen, wenn man die Spannung des in der Luft gerade vorhandenen Wasserdunstes kennt. Die Spannung des Wasserdunstes, welche bei vollkommner Sättigung statt hat, ist durch die Zahl 100 ausgedrückt, die andern geringern Spannungen sind in Hunderttheilen dieser als Einheit zu Grunde gelegten Größe angegeben. Wären sie mithin unter einer andern Form, z. B. in Millimetern Barometerhöhe beobachtet, so müßte man sie mit 100 multipliciren und mit $9^{mm},475$ dividiren, welches das Maximum der Spannung des Dunstes in Millimetern bei der Temperatur von 10° C. ist.

Grade des Haarhygrometers.	Spannung des Dunstes.	Grade des Haarhygrometers.	Spannung des Dunstes.	Grade des Haarhygrometers.	Spannung des Dunstes.
0	0,00	34	17,10	68	44,89
1	0,45	35	17,68	69	46,04
2	0,90	36	18,30	70	47,19
3	1,35	37	18,92	71	48,51
4	1,80	38	19,54	72	49,82
5	2,25	39	20,16	73	51,14
6	2,71	40	20,78	74	52,45
7	3,18	41	21,45	75	53,76
8	3,64	42	22,12	76	55,25
9	4,10	43	22,79	77	56,74
10	4,57	44	23,46	78	58,24
11	5,05	45	24,13	79	59,73
12	5,52	46	24,86	80	61,22
13	6,00	47	25,59	81	62,89
14	6,48	48	26,32	82	64,57
15	6,96	49	27,06	83	66,24
16	7,46	50	27,79	84	67,92
17	7,95	51	28,58	85	69,59
18	8,45	52	29,38	86	71,49
19	8,95	53	30,17	87	73,39
20	9,45	54	30,97	88	75,29
21	9,97	55	31,76	89	77,19
22	10,49	56	32,66	90	79,09
23	11,01	57	33,57	91	81,09
24	11,53	58	34,47	92	83,08
25	12,05	59	35,37	93	85,08
26	12,59	60	36,28	94	87,07
27	13,14	61	37,31	95	89,06
28	13,69	62	38,34	96	91,25
29	14,23	63	39,36	97	93,44
30	14,78	64	40,39	98	95,63
31	15,36	65	41,42	99	97,81
32	15,94	66	42,58	100	100,00
33	16,52	67	43,73		

Diese Tabelle ist bestimmt, die Spannungen des Dunstes, welche den Hygrometergraden entsprechen, zu geben. Wie in voriger Tabelle sind diese Spannungen in Hunderttheilen der Totalspannung (des Maximums der Spannung) ausgedrückt.

Die Wärme dehnt das Haar und das Gestell aus und gibt der Luft oder vielmehr dem Raume eine größere Capacitat für die Dünste. Steigt daher die Temperatur, so muß der Zeiger gegen die Feuchtigkeitspunkte steigen wegen der Ausdehnung des Haares, und sinken wegen der Ausdehnung des Gestelles. Die erstere Ausdehnung beträgt nach Saussure für 1° R. nahe 0,000019 von der Länge des Haares, die letztere nach Laplace und Lavoisier, falls der Rahmen aus Messing besteht, 0,000023 von der Höhe des Rahmen, mithin die gesammte Ausdehnung 0,000042. Ferner, wenn die Temperatur steigt, so suchen die vorhandenen Dünste mit mehr Energie der anziehenden Kraft des Haares zu widerstehen, und der Zeiger muß gegen den Nullpunkt der Scale hinrücken, wenn auch die absolute Feuchtigkeitsmenge dieselbe geblieben ist. Das Gegentheil wird beim Sinken der Temperatur eintreten müssen. Darum ist es in manchem Falle nothwendig, Hygrometerstände die bei verschiedenen Wärmegraden beobachtet worden sind, auf eine Normaltemperatur zu reduciren.

Folgende Tafel dient zur Ausführung dieser Reduction. Dieselbe ist von Saussure für das 80theilige Thermometer berechnet und von Baumgartner auf Grade C. bezogen worden.

Hygrometerstand.	Aenderung für 1° C.	Abstand v. Sättigungspunkte.	Hygrometerstand.	Aenderung für 1° C.	Abstand vom Sättigungspunkte.
25°	0°,364	46°,312	46°	0°,929	23°,327
26	0 ,390	44 ,836	47	0 ,956	22 ,625
27	0 ,417	43 ,163	48	0 ,983	21 ,942
28	0 ,444	41 ,601	49	1 ,010	21 ,278
29	0 ,471	40 ,132	50	1 ,037	20 ,631
30	0 ,498	38 ,746	51	1 ,054	20 ,002
31	0 ,525	37 ,435	52	1 ,091	19 ,388
32	0 ,552	36 ,192	53	1 ,117	18 ,789
33	0 ,578	35 ,009	54	1 ,134	18 ,205
34	0 ,606	33 ,810	55	1 ,172	17 ,635
35	0 ,633	32 ,803	56	1 ,198	16 ,532
36	0 ,660	31 ,771	57	1 ,225	15 ,999
37	0 ,687	30 ,781	58	1 ,252	15 ,479
38	0 ,714	29 ,831	59	1 ,279	15 ,074
39	0 ,741	29 ,916	60	1 ,306	14 ,467
40	0 ,768	28 ,033	61	1 ,333	13 ,977
41	0 ,795	27 ,183	62	1 ,360	13 ,498
42	0 ,822	26 ,361	63	1 ,387	13 ,026
43	0 ,848	25 ,566	64	1 ,404	12 ,565
44	0 ,875	24 ,797	65	1 ,420	12 ,112
45	0 ,902	24 ,051	66	1 ,467	11 ,667

Hygrometerstand.	Aenderung für 1° C.	Abstand v. Sättigungspunkte.	Hygrometerstand.	Aenderung für 1° C.	Abstand vom Sättigungspunkte.
67°	1°,494	11°,230	84°	2°,135	4°,995
68	1 ,521	10 ,801	85	2 ,173	4 ,694
69	1 ,548	10 ,379	86	2 ,209	4 ,399
70	1 ,565	9 ,965	87	2 ,244	4 ,108
71	1 ,592	9 ,558	88	2 ,278	3 ,821
72	1 ,629	9 ,157	89	2 ,301	3 ,538
73	1 ,660	8 ,763	90	2 ,342	3 ,259
74	1 ,695	8 ,379	91	2 ,373	2 ,985
75	1 ,735	8 ,002	92	2 ,402	2 ,713
76	1 ,774	7 ,635	93	2 ,430	2 ,445
77	1 ,819	7 ,276	94	2 ,458	2 ,180
78	1 ,867	6 ,926	95	2 ,484	1 ,5984
79	1 ,918	6 ,586	96	1 ,961	1 ,9173
80	1 ,972	6 ,255	97	1 ,438	1 ,5844
81	2 ,015	5 ,931	98	1 ,254	1 ,1303
82	2 ,059	5 ,613	99	1 ,070	0 ,6100
83	2 ,096	5 ,301	100	0 ,885	0 ,0000

Nach den in den zwei ersten Rubriken dieser Tabelle enthaltenen Zahlen läßt sich die Reduction eines Hygrometerstandes auf eine andere Temperatur leicht bewerkstelligen. Ist t_1 diese Temperatur, t diejenige, bei welcher der Hygrometerstand h beobachtet wurde, v_1 die betreffende Aenderung des Hygrometers für 1° C., so hat man für den corrigirten Hygrometerstand h_1

$$h_1 = h - v_1 (t_1 - t)$$

wobei das Zeichen von t und t_1 wohl zu beobachten ist.

Hat man bei 16°,5 C. den Hygrometerstand 64° beobachtet, und will man ihn auf 10° C. reduciren, so ist

$$v_1 = 1{,}404,\ t_1 - t = -6{,}5 \text{ und}$$
$$h_1 = 64 + 1{,}404 \times 6{,}5 = 73{,}13.$$

Wäre derselbe Hygrometerstand bei — 4°,6 beobachtet worden, so hätte man für die Reduction auf 10°; $t_1 - t = 14°,6$ und $h_1 = 64 - 1{,}404 \times 14{,}6 = 43{,}50$.

Nach dem Haarhygrometer verdient unter den Hygrometern aus hygroskopischen Substanzen vorzüglich nur noch das von de Luc erfundene Fischbeinhygrometer Erwähnung. Dieser Apparat besteht gleichfalls aus einem Rahmen von Messing HJKL (Fig. 80.), welcher oben den getheilten Kreis abc trägt. Vor diesem ist der sehr genau balancirte, vermittelst höchst feiner Axen leicht bewegliche Zeiger a′b′ mit einer kleinen Rolle versehen, deren Rand eine doppelte vertiefte Furche

hat. Als hygroskopische Substanz dient ein 0,5 L. breiter und etwa 8 Z. langer Streifen Fischbein, welcher von einem platten Kieferstücke vermittelst eines eigenen Hubels nach der Richtung der Querfibern abgeschnitten wird; am unteren Ende ist dieser in dem auf- und abwärts verschiebbaren, durch die Klemmschraube c festzustellenden Stifte g'd' befestigt, oben in einem kleinen Zängelchen, welches an einem Faden befestigt ist und durch diesen mit sehr geringer Kraft aufwärts gezogen wird, um den Streifen stets etwas gespannt zu erhalten. Der Faden nämlich ist um die angegebene Rolle in der einen Furche ihres Randes zweimal umgeschlungen, ein anderer Faden aber um die nämliche Rolle in ihrer zweiten Furche nach entgegengesetzter Richtung geführt und mit dem andern Ende an der sehr feinen schraubenförmig gewundenen Drahtfeder e'c' befestigt, welche ihn und also auch den Fischbeinstreifen in der erforderlichen Spannung erhält, und mit ihrem anderen Ende an dem Halter d befestigt ist. De Luc verfertigte solche Fischbeinstreifen von 1 F. Länge, welche nicht mehr als 0,25 Gran wogen, dennoch 0,3 Unzen Gewicht trugen, und wovon 8 Z. sich zwischen den beiden festen Punkten um 1 Z. ausdehnten. Zuerst vermochte der Erfinder dieses Apparats nur den Punkt der größten Feuchtigkeit zu bestimmen, und glaubte diesen bei allen Hygrometern nur durch Eintauchen in Wasser erhalten zu können; für den Punkt der größten Trockenheit hielt er die Anwendung des Feuers nothwendig, und weil die hygroskopischen Substanzen aus dem Thier- und Pflanzenreiche dieses nicht ertragen, so übergab er 1781 sein erstes mangelhaftes Werkzeug der Pariser Akademie ohne diesen zweiten Normalpunkt. Bald nachher glaubte er indeß auch diesen erhalten zu können, wenn er das Instrument in einen zinneren mit ungelöschtem Kalke zum Theil angefüllten Kasten einige Tage aufhängte. Das Intervall zwischen diesen beiden festen Punkten theilte er in 100 Theile und glaubte hiernach ein vollkommnes Hygrometer erhalten zu haben. (Muncke.)

Saussure hat dem de Luc'schen Instrumente mit Recht den Vorwurf gemacht, daß sein Feuchtigkeitspunkt unrichtig bestimmt sei, weil es sich beim hygrometrischen Gebrauch nicht darum handelt, wie viel Wasser überhaupt ein Körper aufnehmen kann, sondern wie viel er der mit Dämpfen erfüllten Luft zu entreissen vermag. Darum haben auch die Grade über 80 keine hygrometrische Bedeutung mehr, indem ein solches Hygrometer in ganz mit Dampf gesättigter Luft nahe auf 80° weist. Nach Saussure liegt auch der Punkt der größten Trockenheit nicht richtig, wahrscheinlich zu nahe am ersteren. Um die Angaben des Saussure'schen Instrumentes auf das Fischbeinhygrometer reduciren zu können, hat de Luc folgende Tabelle angegeben.

	Fischbein	Haar	Fischbein	Haar
Trocken	0	0,0	50	85,4
	5	12,0	55	88,4
			60	90,8
	10	29,9	65	92,8
	15	39,9	70	95,1
	20	50,8	75	97,1
	25	58,8	80	98,1
	30	65,3	85	99,1
	35	70,8	90	99,6
	40	76,1	95	100,0
	45	81,4	100	99,5

Diese Tabelle bestätigt, was de Luc durch sorgfältige Versuche dargethan hat, daß nämlich das Haar (und so nach de Luc alle hygroskopischen Substanzen, welche nach der Länge der Fasern angewandt werden), in der Nähe des von ihm (de Luc) angenommenen Punktes der größten Feuchtigkeit, nämlich beim Eintauchen in Wasser, sich unregelmäßig ausdehne. Doch kommt es, wie schon oben bemerkt wurde, hierauf bei Hygrometern nicht an.

Fragt man nach der relativen Vorzüglichkeit der verschiedenen bis jetzt angeführten Hygrometer, so dürfte wohl entschieden sein, daß dieselben hinsichtlich der Genauigkeit der von ihnen gewährten Resultate, in folgender Ordnung zu stellen sind: Psychrometer, Schwefelätherhygrometer, Saussure'sches und de Luc'sches Hygrometer. August führt zu Gunsten des Psychrometers Beobachtungen an, welche Erman gleichzeitig am Daniell'schen und Saussure'schen Hygrometer und am Psychrometer anstellte. Die Angaben des Saussure'schen Instrumentes verdienen um so mehr Zutrauen, als sie jedesmal das Mittel der Anzeigen zweier gut correspondirenden Haarhygrometer enthalten.*)

*) Die letzten beiden Columnen sind nach einer von August gegebenen Formel zur Reduction der Angaben des Psychrometers auf Angaben des Haarhygrometers berechnet. Benennt man den Quotienten, welchen man erhält, wenn man die zum Thaupunkt gehörige Expansivkraft des Wasserdampfes durch das Spannungsmaximum für die Temperatur der Luftwärme dividirt, d. h. die verhältnißmäßige Feuchtigkeit der Luft, p, und die Grade des Haarhygrometers h, die Luftwärme t, so ist für mittlere Barometerstände

$$p = 1{,}234\left(1 - \sqrt{1 - 0{,}00964\left(h - \tfrac{1}{13}t\right)}\right)$$

$$h = 168\,p - 68\,p^2 + \tfrac{1}{13}t.$$

Zahl der Beobachtungen.	a	b	c	d	e	f	g	h
	Psychrometer.		Berechnete		Daniell's		Berechnete	
	Trocknes Thermometer.	Feuchtes Thermometer.	Expansionen.	Thaupunkte.	Hygrometer.	Saussure'sches Hygrometer.	Saussure'sche Hygrometergrade.	verhältnißmäßige Expansionen.
1	19,1°	11,1°	2,55'''	1,5°	2,4°	42 °	40,3°	0,25
2	16,6	11,0	3,40	5,0	5,8	58	57,6	0,40
3	17,3	12,4	4,36	8,0	8,0	64	67,3	0,49
4	13,9	9,8	3,48	5,2	6,2	68	68,1	0,50
5	11,7	8,2	3,11	3.9	3,1	75,5	70,8	0,53
6	12,3	9,9	4,16	7,4	7,1	83,5	83,8	0,68
7	16,7	14,8	6,66	13,4	13,3	86	91,6	0,79
8	13,8	13,2	6,31	12,7	12,0	95	98,2	0,92
9	11,5	11,0	5,33	10,6	11,1	98,5	98,3	0,93
10	11,3	11,0	5,41	10,7	10,7	100	100	0,95

„Man sieht, sagt August, aus dieser Zusammenstellung von Beobachtungen sehr verschiedener Beschaffenheiten der Atmosphäre, in welchen Gränzen der Zuverlässigkeit jedes der drei Instrumente sich bewegt. Das Daniell'sche Hygrometer weicht in der 4ten Beobachtung am meisten von dem Psychrometer ab, indem hier die Zahlen der Spalte d und der Spalte e um 1° R. verschieden sind. Nach dem Psychrometer liegt der Thaupunkt bei 5,2°, das Daniell'sche Instrument gibt ihn einen ganzen Grad höher. Aber bei demselben Versuche zeigt das Saussure'sche Instrumennt eine vollständige Uebereinstimmung mit dem Psychrometer; denn wie die Spalte f angibt, zeigte das Haarhygrometer 68° und aus den Anzeigen des Psychrometers ergibt sich, daß die Luft eine verhältnißmäßige Feuchtigkeit 0,50 hat (Spalte h), woraus nach der oben gegebenen Formel 68,1 Haarhygrometergrade folgen, wie die Spalte g angibt. Die größte Abweichung des Saussure'schen Hygrometers hingegen zeigt sich im siebenten Versuche, wo die Rechnung nach dem Psychrometer 91,6° Grad vermuthen ließe, das Instrument selbst aber nur 86° gezeigt hat, wie die Vergleichung der Spalten g und f zeigt. Aber ein Blick auf die beiden vorhergehenden Spalten e und d überzeugt uns, daß hier wieder das Daniell'sche Instrument vollständig mit dem Psychrometer übereingestimmt hat, in-

---

Die erste Formel dient, die verhältnißmäßige Spannung der Dünste aus den Graden des Haarhygrometers herzuleiten, die letztere, aus der verhältnißmäßigen Spannung die Grade des Haarhygrometers zu bestimmen.

Digitized by Google

dem ersteres bei 13,3° R. beschlagen ist und zu den Anzeigen des letzteren der Thaupunkt bei 13,4° R. berechnet wird.

So zeigt sich denn, daß wenn eines der neben dem Psychrometer gleichzeitig beobachteten Instrumente am weitesten sich von dem Psychrometer entfernte, das andere vollkommen mit demselben in seinem Gange übereinstimmte, welches eine nicht geringe Unterstützung für die Ansicht derjenigen Physiker ist, die dem Psychrometer, das sich unter allen diesen Instrumenten auch am leichtesten beobachten läßt, den Vorzug eingeräumt haben.''

Nachträglich mögen noch die bekannteren, zum Theil noch in Gebrauch stehenden der übrigen Hygrometer erwähnt werden, welche sämmtlich den bisher angeführten an Brauchbarkeit weit nachstehen.

Zu dem von Chiminello angegebenen Instrumente nimmt man den unpräparirten Kiel einer gemeinen Gänsefeder, schabt ihn sehr dünn, welches am besten nach Anfüllung desselben mit Quecksilber geschieht, füllt eine nach der Weite der einzusenkenden Glasröhre zu bestimmende Länge desselben mit Quecksilber, senkt eine Glasröhre hinein, bis das Quecksilber ungefähr in die Mitte derselben aufsteigt und bindet den Kiel an dieser mit einem seidenen Faden fest. Zu Bestimmung der festen Punkte wählte Chiminello für die größte Feuchtigkeit das Einsenken in Wasser, und für die größte Trockenheit das Aussetzen an die Sonnenstrahlen bei trockner Atmosphäre und 25° R. Temperatur. Die Federkiele verlieren mit der Zeit ihre anfänglich sehr bedeutende hydroskopische Kraft.

Dalencé benutzt als hygroskopische Substanz zu einem Instrumente einen einfachen Papierstreifen, den er zwischen zwei Stiften ausspannte, und in der Mitte mit einem kleinen Gewichte beschwerte, welches einen Zeiger trug. Wenn das Papier durch Feuchtigkeit sich ausdehnt, so sinkt das Gewicht herab und der Zeiger gibt dieß auf einer Scale an.

Eine eigene Klasse bilden noch diejenigen Substanzen welche die Feuchtigkeit der Luft an sich ziehen und dieses durch eine Vermehrung ihres Gewichtes anzeigen. Man hat sich schon zu Anfang aller Hygrometrie eines in Salmiakauflösung getränkten Badeschwammes bedient, welcher getrocknet an einen Wagebalken so aufgehängt wurde, daß er durch ein Gegengewicht im Zustande größter Trockenheit balancirt wurde. Je feuchter die Atmosphäre ist, desto tiefer sinkt die Seite der Wage, auf welcher der Schwamm sich befindet. Arderon ließ das eine Ende des Wagebalkens in eine lange feine Spitze auslaufen, welche auf einem Gradbogen die Grade der Feuchtigkeit oder Trockenheit anzeigte. Der am kürzeren Ende des Wagebalkens hängende Schwamm wurde durch eine von der Mitte des längeren Armes herabhängende feine seidene mit vielen kleinen Gewichttheilchen in gleichem Abstande beschwerte Schnur im Gleichgewichte gehalten, deren unteres Ende auf einem klei-

nen Tischchen ruhte. So wie der Schwamm durch Feuchtigkeit schwerer wurde, hob er einen größeren Theil der Schnur in die Höhe, und dadurch wurde der Gang des Zeigers regelmäßiger. Nach Lampadius ist die beste hygroskopische Substanz Kochsalz, welchem eine geringe Quantität salzsauren Kalks und Thonerde beigemischt ist. Die Messung der Luftfeuchtigkeit soll ebenfalls durch Wägung geschehen. Vitriolöl wurde von Gould, vermöge seiner Eigenschaft das atmosphärische Wasser an sich zu ziehen auf ähnliche Weise wie der mit Salmiak geschwängerte Schwamm zu einem Hygrometer benutzt.

Tobias Lowitz fand an den Ufern der Wolga eine Art bläuliche dünne Schiefersteine, welche die Feuchtigkeit begierig aufnahmen, dann aber sie leicht wieder fahren ließen. Von solchem Thonschiefer wog ein Täfelchen nach dem Glühen 175 Gran, mit Wasser getränkt 247 Gran; es hatte also $\frac{1}{2,5}$ seines Gewichtes Wasser aufgenommen. Lowitz hing nun einen solchen Stein an den einen Arm eines empfindlichen Wagebalkens, und brachte ihn mit einer silbernen Kette am anderen ins Gleichgewicht, deren Ende an einem Schieber befestigt war, welcher in einem Falz an einem Brete die Zunahme des Gewichtes von 10 zu 10 Graden anzeigte, wodurch die Wage einen Ausschlag erhielt. Wenn dann der Stein durch die Feuchtigkeit der Atmosphäre schwerer wurde, so zeigte der Schieber dieses an, indem man ihn dahin stellte, wohin der Ausschlag des Wagebalkens es forderte. Auf diese Weise fand Lowitz, daß der Stein bei sehr feuchtem Wetter 55 Gran, bei sehr trockenem nur 1,5 Gran Feuchtigkeit zeigte. Auch diese Steine verlieren aber allmählig ihre hygroskopische Eigenschaft und sind überdieß selten.

J.

Jahr heißt die Zeit, binnen welcher die Erde ihre Bahn um die Sonne zurücklegt. Da die Erscheinungen der Jahreszeiten, der längsten und kürzesten Tage, des Auf- und Untergehens der Gestirne an demselben Orte, in derselben Stunde, von der Bewegung der Erde um die Sonne abhängig sind, und sich daher bei jedem Umlauf der Erde um die Sonne wiederholen, so mußte man schon sehr zeitig auf die Zeiteintheilung nach Jahren verfallen. Man mußte bemerken, daß z. B. ein Stern, welcher an einem gewissen Tage gleich nach Sonnenuntergang am östlichen Himmel erschien, nach jedesmal 365 Tagen ebendaselbst wieder zu sehen war. Eben so mußte man bemerken, daß 365 Tage von einem kürzesten Tage bis zum nächsten vergingen. Den Zeitraum zwischen den beiden längsten Tagen fand man, wenn man den Tag beobachtete, an welchem der Schatten eines Gnomons am kürzesten war. Die alten Aegypter wußten auch, daß es zu Syene in Ober-Aegypten (unter dem Wendekreise des Krebses) einen Brunnen gebe,

in welchen am Mittag des längsten Tages die Sonne ihr Bild werfe, weil sie senkrecht darüber stand. Sie durften also nur von dem Tage, an welchem diese Erscheinung statt fand, bis zu dem nächsten zählen, an welchem sie wieder eintrat, um die Länge eines Jahres nach Tagen kennen zu lernen.

Die Erde braucht, um ihre Bahn von ungefähr 131 Millionen Meilen zu durchlaufen, nach Lalande 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 48 Secunden, nach Delambre 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 51 Secunden. Dieser Zeitraum heißt ein tropisches Sonnenjahr, und ist die Zeit, welche zwischen 2 Frühlingsnachtgleichen, zwischen 2 Herbstnachtgleichen, zwischen 2 längsten Tagen und zwischen 2 kürzesten Tagen vergeht.

Von dem tropischen Sonnenjahr ist zu unterscheiden das siderische Sonnenjahr oder der Zeitraum, wo von der Sonne aus gesehen die Erde bei dem nämlichen Firsterne erscheint. Für die Erdbewohner kehrt nach Verlauf eines siderischen Sonnenjahres die Sonne zu derselben Stellung gegen die Sterne zurück. Da der Nachtgleichenpunkt unter den Sternen fortrückt (s. d. Art. Nachtgleichen) und die Firsterne ihre Länge jährlich um 50″, 1 vermehren, so ist das siderische Sonnenjahr um so viel länger als das tropische Jahr als die Zeit beträgt, in welcher die Sonne um 50″, 1 sich fortbewegt. Nach Delambre ist folglich die Länge des siderischen Sonnenjahres 365 Tage 6 Stunden 9 Minuten 11 Secunden.

Die Bahn der Erde ist bekanntlich eine Ellipse, welche nicht genau dieselbe Lage im Weltraume behält, sondern deren Hauptaxe, die Apsidenlinie, ihre Lage gegen die Sterne jährlich um 11″, 8 verändert. Diejenige Zeit nun, welche die Erde braucht, um zu einer gleichen Stelle ihrer elliptischen Bahn zurückzukehren, oder dieselbe Anomalie wieder zu erreichen (s. d. Art. Anomalie) heißt das anomalistische Jahr, und ist um 5 Minuten 12 Secunden größer als das siderische, und um 25 Minuten 32 Secunden größer als das tropische Jahr.

Im bürgerlichen Leben ist seit den ältesten Zeiten mit wenigen Ausnahmen allgemein nach dem tropischen Sonnenjahre gerechnet worden. Bei der Bestimmung der Länge des Jahres nach Tagen geschieht nichts anderes, als daß angegeben wird, wie vielmal die Erde um sich selbst sich herumzudrehen habe, ehe sie einmal ihre Bahn um die Sonne zurücklege. Da das Jahr aber etwas länger als 365 Tage ist, so ergibt sich hieraus, daß die Bahn um die Sonne von der Erde mit der 365sten Umdrehung um die Erde noch nicht zurückgelegt sei. Nimmt man daher das Jahr nur zu 365 Tagen an, so betragen die 6 Stunden, um welche man jedes Jahr zu kurz gerechnet hat (eine Viertelsumdrehung der Erde) in 4 Jahren schon einen ganzen Tag. Wenn man ohne hierauf Rücksicht zu nehmen, das Jahr immer nur zu 365 Tagen rechnete, so würden die Jahreszeiten, die längsten und kürzesten Tage allmählig den ganzen Kalender durchlaufen, so würde z. B. der längste Tag, welcher im gegenwärtigen Jahre auf den 21. Juni fiel, nach 4 Jahren auf den 22., nach 100 Jahren auf den 16. Juli

und nach 400 Jahren sogar auf den 30 September fallen. Um daher den Fehler, welcher bei der Annahme des bürgerlichen Jahres zu 365 Tagen stattfindet, zu verbessern, muß jedes 4. Jahr um einen Tag länger, also zu 366 Tagen angenommen werden. Man sagt, es werde in die gewöhnlichen 365 Tage 1 Tag eingeschaltet, und zwar geschieht diese Einschaltung gegenwärtig nach dem 23. Februar, so daß in einem Schaltjahre der Tag Mathias, welcher in einem gemeinen Jahre der 24. Februar ist, der 25. wird, und der ganze Monat Februar nicht 28 sondern 29 Tage hat. Ob ein Jahr ein Schaltjahr sei, findet man, wenn man in die beiden letzten Ziffern der Jahrzahl mit 4 dividirt, geht die 4 darin auf, so ist das Jahr ein Schaltjahr, wo nicht, ein gemeines Jahr.

Diese Art der Einschaltung ist zuerst von Julius Cäsar eingeführt worden. Durch die vor ihm bestehende mangelhafte Zeitrechnung war um das Jahr 50 vor Chr. Geb. eine solche Verwirrung eingerissen, daß das Jahr, nach welchem man rechnete, um 67 Tage von der wahren Zeit abwich. Daher ließ Julius Cäsar im J. 708 nach Erbauung der Stadt Rom die 67 Tage auf einmal einschalten. Dieß Jahr hatte daher 445 Tage und wurde annus confusionis genannt, d. h. das Jahr der Verwirrung. Das 44. Jahr vor Chr. Geb. war das erste Jahr der Julianischen Zeitrechnung, und von da an wurde alle 4 Jahre ein Tag eingeschaltet. Die Monate hatten diejenige Anzahl von Tagen, welche sie noch jetzt haben; sie hießen: Januarius, Februarius, Martius, Aprilis, Majus, Junius, Quinctilis, Sextilis, September, October, November, December. Zum Andenken an Julius Cäsar wurde unter Cäsar Augustus der Quinctilis Julius genannt, und zum Andenken an Cäsar Augustus der Sextilis Augustus, weil in diesem Monate Augustus zum erstenmale Consul geworden war und glänzende Siege erfochten hatte.

Bei der Julianischen Zeitrechnung ist in Bezug auf die Einschaltung vorausgesetzt, daß das tropische Sonnenjahr eine Länge von 365 Tagen 6 Stunden habe. Nach den genauen Beobachtungen beträgt aber die Länge des Jahres nur 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten und 48 Secunden, das Julianische Jahr ist folglich um 11 Minuten 12 Secunden zu lang, wodurch bei fortwährender Einschaltung aller 4 Jahre 100 Julianische Jahre um 19 Stunden und 400 Julianische Jahre um 3 Tage zu lang werden.

Zur Zeit Papst Gregor XIII. betrug auf diese Weise, da man ohne Unterbrechung aller 4 Jahre einen Tag eingeschaltet hatte, die Abweichung der Julianischen Zeitrechnung von der wahren Zeit schon 10 Tage. Im J. 1577 unterrichtete Papst Gregor XIII. alle christlichen Monarchen, daß er die Jahresrechnung berichtigen wolle und nach Berathung mit ausgezeichneten Astronomen verordnete er, daß durch die ganze christliche Kirche im J. 1582 der October statt 31 nur 21 Tage haben sollte. Man ging nämlich vom 4ten October sogleich auf den 15ten über. Gregor verordnete zugleich, daß von nun an, bei fortwährender vierjähriger Einschaltung von einem Tage, 3 Schaltjahre weggelassen werden sollten und zwar so, daß die nächsten 3 Säcularjahre

nämlich 1700, 1800 und 1900 nicht Schaltjahre, sondern gemeine Jahre sein sollten. Das Schlußjahr des 4ten Jahrhunderts aber, 2000, soll wieder ein Schaltjahr seyn. Eben so werden 2100, 2200 und 2300 keine Schaltjahre sein, wohl aber wieder das Jahr 2400.

Dieser neue Gregorianische Kalender ist von den meisten christlichen Völkern nach und nach angenommen worden. Nur die griechische Kirche, also namentlich die Russen, haben den alten Julianischen Kalender beibehalten. Man unterscheidet daher Zeitangaben nach neuem Stil (nach dem Gregorianischen Kalender) und Angaben nach altem Stil (nach dem Julianischen Kalender). Daher fiel schon der erste Januar 1583 alten Stils auf den 11ten Januar 1583 neuen Stils. Von 1700 an betrug die Abweichung des alten Stils vom neuen 11 Tage und vom J. 1800 an 12 Tage. Die Protestanten haben den neuen Stil in Deutschland, Holland, Dänemark im J. 1700 angenommen unter dem Namen des verbesserten Kalenders, indem sie vom 18. Februar sogleich auf den 1sten März übergingen. Die Engländer nahmen diesen Kalender im J. 1752 an, indem sie vom 20sten August sogleich zum 1sten September fortzählten und die Schweden im J. 1753, indem sie nach dem 17ten Februar sogleich den 1sten März stellten.

Die Einschaltung, welche Gregorius angeordnet, würde mathematisch genau sein, wenn das Sonnenjahr 365 Tage 5 Stunden 49 Minuten 12 Secunden enthielte, da dasselbe aber um 22 Secunden oder nach Lalande 24 Secunden kürzer ist, so wird in 36 bis 39 Jahrhunderten ein Tag zuviel eingeschaltet.

Neben der Jahresrechnung geht die Rechnung nach Wochen fort. Man rechnet gewöhnlich auf das Jahr 52 Wochen, da aber 52 Wochen nur 364 Tage sind, so hat ein gemeines Jahr 1 Tag und ein Schaltjahr 2 Tage mehr als 52 Wochen. Daher kommt es, daß ein bestimmter Monatstag, als der 1. Januar des gegenwärtigen Jahres, wenn dasselbe ein gemeines Jahr ist, im folgenden Jahre auf den nächstfolgenden Wochentag fällt und wenn es ein Schaltjahr ist, auf den zweitfolgenden (Vergl. den Art. Cyklus).

Noch ist der Mondenjahre Erwähnung zu thun. Schon in frühen Zeiten hatte man die Bemerkung gemacht, daß nach 12 Mondwechseln (synodischen Monaten s. d. Art. Monat) die Sonne ziemlich zu denselben Sternen und zu denselben Stellungen gegen den Aequator zurückgekehrt sei und man nannte daher die Zeit von 12 Mondwechseln ein Mondenjahr, dessen mittlere Dauer nach genauerer Berechnung 354 Tage 8 Stunden 48 Minuten 36 Secunden ist. Das Mondenjahr weicht folglich um 11 Tage von dem Sonnenjahre ab, und man muß daher, um das Mondenjahr mit dem Sonnenjahr in Uebereinstimmung zu bringen, bedeutende Einschaltungen vornehmen. Geschieht dieses nicht, so durchlaufen die Jahreszeiten alle 12 Monate des Mondjahres. Bei den meisten Völkern, welche nach Mondenjahren gerechnet haben, sind dieselben durch Einschaltungen von ganzen Monaten oder von Tagen mit den Sonnenjahren in Uebereinstimmung gebracht worden. So hatten die Römer, welche vor Cäsar eigentlich nach Mondenjahren rech-

neten, alle 2 Jahre einen Schaltmonat von 22 oder 23 Tagen, welcher mensis intercalaris hieß, um das Mondenjahr mit dem Sonnenjahr in Uebereinstimmung zu bringen. Auch die Griechen suchten Mondenjahre und Sonnenjahre in Uebereinstimmung zu bringen, indem sie die Reihe von Sonnenjahren aufzufinden suchten, welche eine Reihe ganz vollendeter Mondmonate enthielt. So fanden Medon und Euktemon, daß 19 Sonnenjahre, welche 6940 Tage betragen sehr genau mit der Zeit von 235 synodischen Mondumläufen zusammenstimmen*). Hiernach mußte es in 19 Jahren 7 Schaltmonate geben. Auch die Juden rechneten nach Mondenjahren mit Einschaltungen. Nur die Türken haben ein reines Mondenjahr, dessen Anfang alle Jahreszeiten durchläuft.

Jahrbücher, astronomische, Ephemeriden (v. d. griech. ἐφημερίς Tagebuch) heißen Bücher, in denen für jeden Tag eines bestimmten Jahres angegeben wird, welche Orte die Himmelskörper einnehmen, in welchen Stellungen gegen einander sie sich befinden, und welche Erscheinungen (Finsternisse u. dgl.) hieraus sich ergeben. Diese Bestimmungen werden im Voraus nach Berechnungen gegeben. Nach mehren früheren einzeln erscheinenden Jahrbüchern sind die ältesten noch jetzt jährlich erscheinenden die Connaissance des temps, welche Picard 1679 begonnen hat. Seit 1757 erscheinen die von Hell begonnenen Ephemerides astronomicae ad meridianum Viennensem; seit 1767, zuerst unter der Aufsicht Maskelyne's, Nautical Almanac and astronomical Ephemeris. Seit 1776 endlich erscheint das Astronomische Jahrbuch in Berlin, von welchem Bode bis zu seinem Tode 1826, 54 Bände herausgegeben hat.

Jahreszeiten heißen diejenigen Abwechselungen im Laufe des Jahres, welche sich durch verschiedene Länge des Tages, verschiedene Temperatur und alle die hiermit zusammenhängenden Naturerscheinungen, als Eis, Schnee, Regen, Wind, Grünen, Blühen, Fruchtragen und Entlaubung der Gewächse unterscheiden. Ueber die Entstehung der ungleichen Tageslängen und der hiermit zusammenhängenden Erscheinungen von Winter, Frühling, Sommer und Herbst, s. d. Art. Erde S. 300 f. Nach den astronomischen Bestimmungen beginnt der Frühling sobald sich die Sonne über den Aequator des Himmels erhebt. Auf der ganzen nördlichen Halbkugel ist folglich Frühlingsanfang den 20. März, wo sich die Sonne in der Ekliptik im Nullpunkte des Widders befindet, oder im Punkte der Frühlingsnachtgleiche. Auf der südlichen Halbkugel beginnt der Frühling, wenn bei uns der Herbst beginnt, den 23 September. Der Sommer beginnt mit dem längsten Tage, an dem die Sonne ihre höchste Stellung erlangt, bis wohin der Frühling dauert, d. h. auf der nördlichen Halbkugel um den 21 Juni, wenn die Sonne in das Zeichen des Krebses tritt, auf der südlichen Halb-

*) S. d. Art. Cyklus.

kugel um den 21 December. Der Herbst beginnt am Ende des Sommers, an dem Tage, an welchem die Sonne nach ihrer höchsten Stellung den Aequator wieder erreicht, für die Nordhälfte der Erde, wo die Sonne in die Wage tritt, um den 23. Sept., für die südliche Hälfte der Erde um den 20. März. Der Herbst endet mit Wintersanfang, am kürzesten Tage, wo die Sonne ihren niedrigsten Stand hat, d. i. für die nördliche Hemisphäre, wenn die Sonne in den Steinbock tritt, den 21. December. Die südliche Hemisphäre hat Wintersanfang den 21. Juni. Für die Gegenden zwischen den Wendekreisen, namentlich in der Nähe des Aequators, findet, wie dieses in der Natur der Sache liegt, ein sich äußerlich wie bei uns kundgebender Wechsel der Jahreszeiten nicht statt. Die Unterschiede der Jahreszeiten schwinden überhaupt auch in den gemäßigten Zonen gegen den Aequator zu immer mehr, und nach den Polen zu nehmen die sonst den Winter begleitenden Erscheinungen fast das ganze Jahr ein. Es wechselt Sommer und Winter, aber der letztere dauert weit länger als jener und die Uebergänge Herbst und Frühling verschwinden fast ganz. So sind die meteorologischen Jahreszeiten, welche namentlich mit der Temperatur zusammenhängen auf den verschiedenen Punkten der Erde höchst verschieden. In den gemäßigten Zonen ist Frühling die Zeit des Verschwindens des Schnees und Eises, des Grünwerdens der Bäume und Stäucher u. s. w., im Sommer zur Zeit der größten Wärme reifen die Früchte der Getreidearten und der Bäume, und im Herbst, die Zeit der Weinlese, fallen die fahlwerdenden Blätter von den Bäumen, bis im Winter endlich Schnee und Eis die ganze Natur überzieht. Ganz anders verhält es sich aber in den Gegenden um den Aequator. Hier wechselt die Temperatur im Laufe des Jahres nur wenig, die Bäume verlieren nie völlig ihr Laub, sondern das abfallende wird sogleich durch frisches ersetzt, und Blüthen und Früchte werden gleichzeitig von demselben Baume getragen und sie erscheinen in allen Jahreszeiten. Dort gibt es nur zwei meteorologische Jahreszeiten, die trockne und die Regenzeit, welche letztere gewöhnlich dann eintritt, wenn sich die Sonne im Zenith des Ortes befindet. Doch ist ihr Eintreten auch von örtlichen Umständen abhängig. Humboldt erzählt, daß in den tropischen Gegenden nördlich vom Aequator von December bis Februar der Himmel vollkommen heiter ist und ein fortwährender Ostnordostwind weht. Gegen Anfang des März treten Windstillen ein, die Luft wird feucht, und im April endlich beginnt die Regenzeit, welche von heftigen Stürmen begleitet ist. — Marwood Kelly hat Witterungsbeobachtungen an der Westküste von Afrika angestellt. Nach ihm unterscheidet man zwischen dem Aequator und 5° N. Br. die Zeit der Tornado's, die regnerische, die neblige, die zweite regnerische und die schöne Jahreszeit. Von der Sierra Leone bis Cap Apollonia fangen die Tornado's in der Mitte April an und dauern bis Mitte Juli, es gehen in dieser Zeit selten 2 Tage ohne die furchtbarsten Gewitter hin, es fällt außerordentlich viel Regen in kurzer Zeit unter ungeheuerm Sturm, bald aber ist der Himmel wieder heiter und die Nässe schnell verschwunden. Die Regenzeit beginnt Mitte Juni und dauert bis in den November. Eine Unterbrechung derselben zeichnet sich

Digitized by Google

durch dicke Nebel aus, und mit diesen schließt sie auch. Der Nebel vergeht in der ersten Hälfte des December, es weht nun bis zum Wiederanfang der Tornado's ein trockener Wind, der Harmattan. Dieses ist die schöne Jahreszeit, während welcher eine mäßige Hitze herrscht. Auf der etwas höher liegenden Goldküste beginnen die Tornado's schon im März und endigen im Mai und sind von geringerer Heftigkeit. Während 6 Wochen dauert hierauf die Regenzeit, bis August gibt es dann Nebel und nun folgt die schöne Jahreszeit, bis Mitte September eine zweite Regenzeit eintritt. Am Ende October beginnt wieder die schöne Jahreszeit, der Harmattan weht bis die Tornado's wieder beginnen. — Auf Java beginnt die Regenzeit im October und dauert bis zum März. Die stärksten Regen fallen in den December und Januar, die größte Trockenheit auf Juni und Juli, wo dann die Tage am heißesten, die Nächte am kältesten sind.

Kämtz und andere Meteoreologen nehmen statt der oben angegebenen Eintheilung eine andere mehr den die einzelnen Jahreszeiten charakterisirenden Phänomenen entsprechende Eintheilung des Jahres an, indem sie die Monate December, Januar und Februar: Winter, die Monate März, April, Mai: Frühling, die Monate Juni, Juli, August: Sommer und endlich die Monate: September, October, November: Herbst nennen. Diese Eintheilung hat den Vorzug, daß der Tag der größten, mittleren und geringsten Wärme sehr nahe in die Mitte einer jeden Jahreszeit fällt. Lampadius gibt für die ganze Erde folgende Eintheilung der Jahreszeiten an:

1) den immerwährenden Sommer in der Nähe des Aequators, nur durch die Regenzeit auf einige Monate unterbrochen;

2) den Wechsel zwischen Frühling und Sommer in der Nähe der Wendekreise;

3) den Wechsel zwischen Frühling und Sommer, Herbst und Winter zwischen den Breiten von 30° bis 60°;

4) den Wechsel zwischen Sommer und Winter in der Nähe der Polarkreise zwischen den Breiten von 60° und 75°;

5) den immerwährenden Winter in der Nähe der Pole, welcher nur durch einige seltene Frühlingstage unterbrochen wird.

Jod, Jodine, ist ein 1811 von Courtois entdeckter einfacher Stoff, welcher sich in mehren Seegewächsen, Fucus- und Ulvenarten, in dem Badeschwamm, in geringer Menge im Seewasser, nach Fuchs auch im Steinsalze, in mehren Salzsoolen, in Schwefelwässern und in mehren anderen Mineralwässern findet. Man hat es auch in einem Mineral aus Mexiko als Jodsilber und in den kadmiumhaltigen schlesischen Zinkerzen gefunden. Das Jod ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, in schwarzgrauen, metallisch glänzenden Blättchen, zuweilen in sehr spitzen, rhombischen Octaëdern mit zugeschärften spitzeren Ecken krystallisirend, in dünnen Blättchen mit rothem Lichte durchscheinend. Es ist weich, zerreiblich, schmilzt bei 84° R. und verflüchtigt sich bei 140° in schönen violetten Dämpfen, riecht dem Chlor ähnlich unangenehm, aber schwächer, schmeckt herb und scharf und ist giftig.

Es ist ein Nichtleiter der Elektricität, zerstört nur schwach die Pflanzenfarben, färbt die meisten organischen Substanzen vorübergehend braun, Stärkemehl aber blau. Es ist nur in 7000 Theilen Wasser, leichter in Aether und Weingeist löslich. Das spec. Gew. des Jods ist 4,948. Man hat es in der Medicin theils äußerlich, theils innerlich angewendet, namentlich gegen Hautausschläge. Bei dieser Anwendung muß man aber, wegen der schädlichen Wirkungen des Jod's sehr vorsichtig sein. — Zum Sauerstoff hat das Jod nur geringe Verwandschaft. Die Jodsäure ist fest, weiß, geruchlos, von scharfem Geschmacke, im Wasser leicht löslich, zerfällt in der Hitze in Joddampf und Sauerstoffgas und verpufft mit brennbaren Körpern. Die iodsauren Salze, welche sie mit Basen bildet, sind meist schwerlöslich und unlöslich im Wasser, unlöslich im Weingeist, werden in der Hitze zerlegt und verpuffen mit verbrennlichen Körpern leicht. — Die Hydriodsäure ist eine Verbindung des Jods mit Wasserstoff, zu welchem es große Affinität hat. Dieselbe ist ein farbloses Gas von 4,34 spec. Gew. (gegen atmosph. Luft = 1.), von ähnlichem Geruche wie das salzsaure Gas, ist weder brennbar noch athembar, raucht stark an der Luft und röthet stark Lakmus. Das Gas verbindet sich begierig mit Wasser zu tropfbarflüssiger oder wässeriger Hydriodsäure. Diese ist farblos und kann bis zu 1,70 spec. Gew. concentrirt werden, hat denselben Geruch wie das Gas, stechend sauren und zusammenziehenden Geschmack, raucht an der Luft, wenn sie nicht zu sehr verdünnt ist. An der Luft wird sie braun. Die hydriodsauren Salze, welche die Hydriodsäure mit den Basen bildet sind sämmtlich im Wasser, die meisten auch im Weingeist löslich, von starken zum Theil giftigen Wirkungen. Jod verbindet sich auch mit Stickstoff, Chlor, Brom, und mit den Metallen zu Jodmetallen, welche zum Theil schön gefärbt sind und keinen Metallglanz haben. Einige sind im Wasser löslich, andere nicht.

Iridium ist eines der erst in neuerer Zeit von Wollaston im Platinerz entdeckten Metalle, welches als ein graues dem Platinschwamme ähnliches Pulver erhalten wird und sehr schwer schmelzbar ist. Nur durch das Knallgasgebläse und eine starke Voltasche Säule schmilzt es zu weißen, glänzenden spröden Kügelchen von 18,68 spec. Gew. Das Pulver wirkt wie der Platinschwamm zündend auf Wasserstoffgas. Berzelius unterscheidet 4 Oxydationsstufen des Iridiums. Vier entsprechende Verbindungen geht es mit Chlor ein.

Irrlichter, Irrwische heißen die feurigen, unbeständig hin und herhüpfenden Erscheinungen, Lichter, welche man zuweilen des Nachts nicht weit vom Boden, namentlich an sumpfigen Orten, Mooren, Kirchhöfen, Schindangern u. s. w. erblickt, und die nach Einigen von einem schwefligen Geruche begleitet sein sollen. Sie erscheinen bald größer, bald kleiner, bald vereinzelt, bald in Gesellschaft. Im Sommer und im Anfange des Herbstes in warmen Gegenden erscheinen sie am häufigsten. In der Gegend von Bologna in Spanien sollen sie bisweilen die Größe von 12 Fuß erreichen und weder vom Winde noch

vom Regen erlöschen. Gewöhnlich haben sie nur die Größe einer Lichtflamme. Man sagt, daß sie schon oft einen Wanderer irre geführt hätten, der in der Meinung Licht aus einem Hause zu sehen ihnen gefolgt und in Sumpf und Morast gerathen sei. Ehemals hielt man sie, wahrscheinlich weil sie häufig auf Kirchhöfen gesehen wurden, für die Seelen verstorbener Menschen.

Nach den Beobachtungen einiger Physiker sollen die Irrlichter aus einer schleimigen Materie wie Froschlaich bestehen. So erzählt Dechales von Robert Fludd, und Chladni hat dieselbe Beobachtung gemacht. Dieser sah 1781 an einem warmen Sommerabende in der Dämmerung kurz nach einem Regen in einem Garten bei Dresden viele leuchtende Punkte im nassen Grase hüpfen, welche sich nach der Richtung des Windes bewegten, und deren einige sich an die Ränder des Weges setzten. Sie flohen bei der Annährung und es war schwer sie zu erhaschen; diejenigen jedoch, welche Chladni fing, zeigten sich als kleine gallertartige Massen, dem Froschlaich oder gekochten Sagokörnern ähnlich. Dieselben hatten weder einen kenntlichen Geruch, noch Geschmack und schienen modernde Pflanzentheile zu sein. Hiermit kann ich noch das Zeugniß eines sehr achtbaren Mannes in Verbindung setzen, welcher umfassende physikalische Kenntnisse besitzt. Derselbe erzählte mir, daß er in einer Nacht sehr viele Sternschnuppen habe fallen sehen, und daß es ihm erschienen als fiele eine solche, wenige Fuß von ihm auf den Boden. Er sah etwas leuchtendes auf dem Grase liegen und indem er mit einem Messer das Gras unter demselben ablöste, nahm er es in der Hand mit sich fort. Nähere Beobachtung bei Licht zeigte ihm eine gallertartige Masse. (Vergl. d. Art. Sternschnuppen.)

Nach Volta ist die Ursache der Irrlichter Kohlenwasserstoffgas (Sumpfluft), welches sich durch den elektrischen Funken entzündet. Nach Gehler und Parrot sind phosphorescirende Gasarten der Grund. Der Letztere betrachtet die Irrlichter für ein aus den Sümpfen entwickeltes Licht von Phosphorwasserstoffgas und anderen Gasarten, welches sich an der Atmosphäre entzündet. Da man aber alsdann eine Verpuffung hören, und die Erscheinung auch bei Tage wahrnehmen müßte, welches beides nicht der Fall ist, so bezweifelt Bischoff diese Annahme und Berzelius fügt hinzu, daß der üble Geruch jener Gasarten sich der ganzen Umgegend, wo Irrlichter erscheinen mittheilen müßte.

Höchst wahrscheinlich elektrischer Natur war das v. Trebra am 5. Sept. 1783 beobachtete Phänomen. An diesem Tage erschien Abends um 10 Uhr zu Zellerfeld ein feuriger Schein am Himmel, welcher bald stärker bald schwächer ward, und nach einer kurzen Zeit wieder aufhörte. Nicht lange darauf schossen vom Abende her matte Flammen wie beim Nordlichte, nur tiefer, in der Atmosphäre auf, wurden immer heller, und kamen endlich bis zur Wohnung Trebra's heran, so daß in einem Augenblick das ganze Haus völlig erleuchtet ward. So flammte es einige Minuten lang wie ein stillstehender Blitz und entfernte sich hernach auf einige hundert Schritte, wo es so lange stehen blieb, daß Trebra es hinlänglich beobachten konnte. Das meiste Licht

befand sich nahe an der Erde und hatte hier ein röthliches ans Oraniengelbe grenzendes Aussehen. Im Umfange mochte die Lichterscheinung am Boden etwa 20 Schritte halten, und es war hier Alles so hell, daß man kleinere Gegenstände in der Entfernung wahrnehmen konnte. Von diesem Punkte aus ward das Licht höher hinauf gelber und endlich weiß, nahm auch immer mehr an Umfang und Stärke ab und verlor sich endlich ganz in der Finsterniß des Himmels. Einige Minuten hatte die Erscheinung so gestanden, als sie sich mit abwechselndem Dunkel weiter gegen Süden hinzog, hier gleichfalls einige Minuten verweilte und in großer Entfernung an dem Orte, wo es zuerst als Schein einer rothen Gluth am Himmel beobachtet worden war, verschwand. Nach einer halben Stunde kam es wieder und dauerte bis gegen Ein Uhr des Nachts. Am Tage vorher war das Barometer sehr stark gefallen und die Witterung kalt und regnerisch gewesen. Selbst während der Erscheinung regnete es und der Wind ging mäßig aus Abend.

In einigen Gegenden namentlich der heißen Zone mögen Insecten, welche ähnlich unsern Johanniswürmchen des Nachts feurig glänzen, Erscheinungen darbieten, welche leicht für Irrlichter gehalten werden können. So erzählt August de St. Hilaire in seiner Reise ins Innere von Brasilien, daß es daselbst verschiedene Arten von leuchtenden Insecten gebe. „Nichts," sagte er, „ist unterhaltender als die Beobachtung dieser verschiedenen Insecten in einer dunklen Nacht an Stellen, wo sie häufig sind. Mehr oder weniger große, stärker oder schwächer leuchtende Punkte durchkreuzen die Luft nach allen Richtungen, glänzen einen Moment und zeigen sich dann an einer entfernteren Stelle. Nicht bei allen Gattungen von Leuchtkäfern ist der Flug übereinstimmend: einige erheben sich 10 oder 12 Fuß hoch oder noch höher; andere im Gegentheil bleiben nur einige Fuß von der Erde; die meisten fliegen horizontal; aber an sumpfigen Stellen findet man eine kleine Art, welche sich wie ein Funke in einer schiefen Richtung in die Höhe schleudert, einen Moment funkelt und dann verschwindet. — Als ich eines Abends in der Umgegend von Rio Janeiro spazieren ging, bemerkte ich auf der Erde eine helle Scheibe von mehr als einem Zoll Durchmesser. So wie ich näher kam, floh das Licht von mir; ich fing an zu laufen, es verdoppelte seine Geschwindigkeit; jedoch kam ich hinreichend nahe, um zu bemerken, daß in der Mitte der Scheibe ein heller Punkt sei, und mich zu überzeugen, daß dieses Licht von einem kleinen Insect ausging, welches nach langer Verfolgung unter eine Gartenthür kroch und mir entging."

Gewiß scheint, daß die hier und da als Irrlichter bezeichneten Erscheinungen verschiedenen Ursprungs sind, und daß um eine genügende Erklärung derselben zu geben, man die verschiedenen beweglichen Lichterscheinungen, welche des Nachts bemerkt werden, nach ihrem Ursprung klassificiren müsse.

Isolatorium, isolirendes Stativ oder **Gestell, Isolirschemel** heißt man jede Vorrichtung, welche dazu dienen soll einen Menschen oder irgend einen anderen darauf stehenden Gegenstand außer

elektrisch leitender Verbindung mit dem Erdboden zu setzen. S. d. Art. Elektricität S. 85. ff. Es ist folglich ein Isolatorium jedes Gestell, welches auf Unterlagen, Füßen ruht, die aus einer nicht leitenden Masse besteht. Gewöhnlich wird ein wohlausgetrocknetes und abgerundetes Bretchen auf drei Glasfüße befestigt um ein Isolatorium herzustellen, und die Füße sowohl als die Bretchen werden, um die an Glas leicht sich absetzende Feuchtigkeit der Luft mehr abzuhalten, (wodurch eine Leitung nach den Boden entstehen würde) gewöhnlich mit Siegellackauflösung (in Spiritus) oder noch besser mit Bernsteinfirniß überzogen. Statt des Bretchens mit Glasfüßen, kann man sich auch eines Kuchens von Pech, Harz oder Schwefel bedienen, oder einer Aufhängung an seidenen Schnüren. Diese letzteren haben den Nachtheil, daß sich leicht Staub in sie einsetzt und ihre isolirende Kraft schwächt, endlich aufhebt.

Juno heißt der am 1. Septbr. 1804 von Harding entdeckte kleine Planet, von sanftem weißem Lichte, welcher sich in einer mittlern Entfernung von $54\frac{2}{10}$ Millionen Meilen um die Sonne bewegt; Harding hielt ihn anfangs für einen Fixstern von achter Größe, entdeckte aber bald seine Bewegung, welche durch alle späteren Beobachtungen als die eines Planeten bestätigt worden ist. Das Zeichen dieses Planeten ist ⚵. Nach Schröter beträgt der Durchmesser der Juno 309 geographische Meilen, wonach sie ungefähr 172 mal kleiner als die Erde wäre; nach Herschel jedoch hat sie kaum einen Durchmesser von 30 Meilen. Wegen ihrer Kleinheit ist sie dem unbewaffneten Auge nicht sichtbar. Da ihre Lichtstärke sehr abwechselt, so glaubt man, daß sie eine bedeutende Atmosphäre habe. Die näheren Angaben über die Elemente der Bahn dieses Planeten s. in dem Art. Planeten.

Jupiter heißt der in einer mittlern Entfernung von mehr als $107\frac{1}{2}$ Millionen Meilen sich um die Sonne bewegende, schon in den ältesten Zeiten bekannte Planet. Derselbe hat, besonders wenn er sich im Gegenschein mit der Sonne in der Erdnähe befindet, ein helles, gelbliches Licht. Zuweilen übertrifft er noch an Glanz die Venus, so daß die von ihm beleuchteten Gegenstände einen schwachen Schatten werfen. Besonderes Interesse gewährt dem Beobachter der Jupiter durch die ungleich erleuchteten Streifen, welche man schon durch mittelmäßige Fernröhre auf ihm wahrnimmt, so wie durch seine 4 Monde, deren gegenseitige Stellungen zu einander und zu dem Planeten sich schnell ändern. Die angegebenen Streifen sind dem Aequator parallel, so wie auch die Bahnen der 4 Monden. Da sich der Jupiter sehr schnell nämlich in 9 Stunden 55 Minuten 34 Secunden um seine Axe herumbewegt, so ist dem gemäß auch seine Abplattung sehr bedeutend, nämlich $= \frac{1}{14}$. (Vergl. den Art. Erde, Abplattung.) Der Jupiter ist unter allen Planeten der größte und auf ihm sind die Jahre 12 mal länger als bei uns. Die rings ihn umgebenden Streifen sind wahrscheinlich Wolkenstreifen. In ihnen hat man dunkle Flecke entdeckt, aus deren Beobachtung man auf die Rotationszeit des Planeten

geschlossen hat. Besonders genau hat Schröter den Jupiter beobachtet, und er fand denselben durch 4 dunklere Streifen in Zonen zerlegt, unter denen die zu beiden Seiten des Aequators liegenden hellen Zonen am glänzendsten waren. Uebrigens verändert sich die Lage und Ausbreitung der dunklen Streifen, und Schröter hat z. B. die Entstehung eines derselben beobachtet. Die Schiefe der Ekliptik beträgt nur wenige Grade, d. h. die Axe des Jupiters steht beinahe senkrecht auf seiner Bahn, daher kann der Jupiter nur eine sehr geringe Polarzone haben, welcher die Sonne mehre Tage lang nicht aufgeht und nicht untergeht. Auch kann die Zone, wo die Sonne bis zum Zenith hinaufsteigt, nur schmal sein. Die Tageslängen werden daher auf dem Jupiter in den meisten Breiten wenig von einander abweichen. Der mittlere Durchmesser des Jupiter ist 19300 geogr. Meilen = 11,23 Erddurchmesser. Er hat daher eine 126 mal so große Oberfläche als die Erde und einen 1400 mal so großen Cubikinhalt. Die Masse desselben ist 312,9 mal so groß als die der Erde oder $\frac{1}{1070,5}$ des Sonnenmessers, und hiernach muß die Dichtigkeit des Jupiters nicht ganz $\frac{1}{4}$ so groß als die der Erde sein. Wegen der oben angegebnen starken Abplattung muß der Fall der Körper in der Nähe der Pole des Jupiters bedeutend schneller als in der Nähe seines Aequators sein, und derselbe beträgt etwa 38 F. in der ersten Sec., während er auf der Erde ungefähr 15 F. in der ersten Sec. beträgt.

Die Monde des Jupiters sind bald nach Entdeckung der Fernröhre von Galiläi und Simon Marius beobachtet worden. Sie erscheinen in stark vergrößernden Fernröhren als kleine Scheibchen, nach Schröter haben sie folgende Größen:

	Durchm. in geogr. Meil.	Körperliche Größe.	
Erster oder dem Jupiter nächster Mond	560	$1\frac{3}{4}$	mal so groß als unser Mond.
Zweiter..	460	1	
Dritter..	820	$5\frac{1}{4}$	
Vierter..	570	$1\frac{3}{4}$	

Die scheinbaren Durchmesser dieser vier Monde, (welche nach der Größe des Sehwinkels s. d. Art. bestimmt werden) sind von dem Jupiter aus betrachtet: des ersten Mondes 36 Minuten, des zweiten 19 Min., des dritten 21 Min., des vierten 9 Min. oder vielleicht $10\frac{1}{2}$ Min. Der nächste Mond hat, vom Jupiter aus gesehen, eine veränderliche Größe, im Zenith nämlich 44 Min. im Horizont nur 36 Min. scheinbaren Durchmesser. — Die näheren Angaben über die Elemente der Bahn des Jupiter siehe in d. Art. Planeten. Das Zeichen des Jupiters ist ♃.

K.

Kadmium ist ein von **Stromeyer** und **Hermann** 1817 entdecktes Metall, welches sich nur in sehr geringen Quantitäten in vielen Zinkerzen findet. Dasselbe hat eine dem Zink und Zinn ähnliche Farbe, starken Metallglanz, ist weich, aber härter als Zinn, läßt sich leicht mit dem Messer schneiden und fühlt sich zart an. Es knistert beim Biegen wie Zinn und ist ziemlich dehnbar; krystallisirt in regelmäßigen Octaëdern und hat dichtes faseriges Gefüge. Vor dem Glühen schmilzt das Kadmium und verflüchtigt sich etwas über dem Siedepunkte des Quecksilbers in geruchlosen Dämpfen. Das spec. Gew. des Kadmiums ist 8,6944. Das Kadmiumoxyd bildet sich an der Luft, beim Erhitzen, und mit Säuren zu salpetersaurem, salzsaurem, schwefelsaurem Kadmiumoxyd. Das Kadmiumoxyd ist ein gelbes Pulver, feuerbeständig, unschmelzbar, unlöslich in Wasser, geschmacklos. Durch Fällen eines Kadmiumoxydsalzes mit reinen Alkalien erhält man ein weißes Hydrat. — Auch mit Stickstoff, Schwefel, Kohlenstoff, Jod, Chlor geht das Kadmium Verbindungen ein. Schwefelsaures Kadmiumoxyd hat in neuerer Zeit medicinische Anwendung bei Augenkrankheiten gefunden. Dasselbe ist in farblos durchsichtigen Säulen krystallisirt und hat einen herbmetallischen Geschmack. Es verwittert schwach an der Luft, läßt in der Wärme sein Krystallisationswasser leicht fahren, und das trockne Salz wird in starker Hitze zum Theil zerlegt.

Kälte ist fehlende, mangelnde Wärme gegen einen früheren Zustand und **kalt** heißt jede niedere Temperatur im Vergleich zu einer anderen höheren. So haben wir auch die Empfindung der Kälte, sobald wir einer schnellen Temperaturabnahme ausgesetzt sind, selbst wenn die nachher eintretende Temperatur unter anderen Verhältnissen als warm erscheinen würde. Wir finden im Winter nach Schnee- und Eiswetter eine Temperatur von etwa 6° R. noch warm und angenehm, im Sommer beklagen wir uns bei dieser Temperatur über Kälte. Am Thermometer hat man als einen der Grenzpunkte der Scale den Temperaturgrad angenommen, auf den der Thermometer im schmelzenden Eise zeigt und während man nun von da aufwärts nach dem Siedepunkte 80 oder 100 Grade abtheilt, und sie vom Thaupunkte oder Gefrierpunkte aufwärts zählt, hat man dieselbe Eintheilung noch unterhalb fortgesetzt und zählt auch hier vom Thaupunkte aus, den selbst man als 0° bezeichnet. So zählt man also nach entgegengesetzten Richtungen, erstens indem mit der Zahl die Wärmezunahme bezeichnet wird — **positive** Grade, zweitens indem mit der Zahl die Wärmeabnahme bezeichnet wird — **negative** Grade. Jene hat man nun auch Wärmegrade, diese Kältegrade genannt, und insofern nicht mit Unrecht, inwiefern auch zwischen

Wärme und Kälte ein Verhältniß von positiv zu negativ stattzufinden scheint. Wärmeabnahme ist Kältezunahme und Wärmezunahme ist Kälteabnahme; es ist aber zwischen Kälte und Wärme keine durch einen Nullpunkt, der weder kalt noch warm, gesetzte Scheidung. Man kann sagen, daß die Kälte im Minimum schon im höchsten vorstellbaren Wärmegrade und die Wärme im Minimum schon im höchsten vorgestellten Kältegrade vorhanden sei. Auch die Eigenschaften der Kälte sind von der Art, daß sie eben so sehr Erscheinungen mangelnder Wärme sind; so ist in dem Satze: die Wärme dehnt die Körper aus, zugleich jener enthalten: durch die Kälte werden die Körper zusammengezogen. Die nähere Betrachtung der Kälteerscheinungen wird als mit der Betrachtung der Wärme wesentlich zusammenfallen. S. daher d. Art. Wärme. Auch das Erstarren tropfbarflüssiger Körper in fester Aggregationsform z. B. des Wassers in Eis, ist eine Folge der Kälte d. h. der fehlenden Wärme. (Vergl. d. Art. Eis.) Unter Frost versteht man entweder im Allgemeinen dasselbe was unter Kälte, oder namentlich eine solche schnell eintretende Kälte der Atmosphäre, daß ein Gefrieren des Wassers eintritt. Eine Kälte, die durch eigends eingerichtete Vorrichtungen und Processe (z. B. schnelle Verdunstung) herbeigeführt wird, heißt eine künstliche Kälte. Ueber die Mittel eine solche zu erzeugen s. d. Art. Eis und Wärme.

Kaleidophon (v. d. griech. *καλός* schön, *εἶδος* Gestalt und *φωνέω* tönen) auch Phonisches Kaleidoskop (vergl. d. folg. Art.) ist ein Instrument um die Schwingungen eines an einem Ende festgehaltenen, am anderen freien Stabes dem Auge sichtbar zu machen, welches Weatstone angegeben hat. Dasselbe ist Fig. 81. abgebildet. Es besteht aus einer kreisförmigen Basis von Holz AB, etwa neun Zoll im Durchmesser und einen Zoll dick, mit vier messingenen Schraubenmuttern, die bei C, D, E und F fest eingesetzt sind. In diese Muttern schraubt man vier senkrechte Stahlstäbe von 13 bis 14 Zoll Länge, C, D, E und F. Der eine ist vierkantig, der andere cylindrisch und gebogen, die beiden andern cylindrisch von ungleichem Durchmesser. An den obern Enden dieser Stäbe befinden sich kleine, mit Quecksilber belegte Glaskügelchen, entweder einzeln, oder in Gruppen, so daß, wenn das Instrument dem Sonnen- oder Lampenlichte ausgesetzt wird, glänzende Bilder der Sonne oder der Lampe von jedem Kügelchen reflectirt werden. Wird einer von diesen Stäben in schwingende Bewegung gesetzt, so bilden diese leuchtenden Bilder stetige, in sich zurückkehrende Linien, die sich unablässig verändern; jeder verschiedene Stab gibt eine verschiedene Linie.

Kaleidoskop (v. d. griech. *καλός* schön, *εἶδος* Gestalt und *σκοπέω* sehen), Schöngucker ist ein von Brewster erfundenes Spielwerk. Zwei ebene Spiegel werden unter einem Winkel, welcher gleich $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{10}$ u. s. w. von 4 Rechten ist, an die innere hohle Seite eines entweder aus Pappe oder aus verzinntem Blech gefertigen Rohres (8 bis 10 Zoll lang) befestigt, so daß die Spiegelflächen einwärts ge-

gen den Winkel einander gegenüber liegen. Die obere Oeffnung des Rohres ist verschlossen; nur in der Mitte des schließenden Deckels befindet sich eine kleine kreisrunde Oeffnung, welche beim Gebrauche des Instrumentes vor das Auge gebracht wird. Am anderen Ende des Rohres unterhalb der beiden Spiegel befindet sich ein helles, ebenes, rundes das Rohr verschließendes Glas und in geringem Abstande von diesem Glase befindet sich parallel mit demselben noch ein zweites mattgeschliffenes ebenes Glas. Zwischen beide Gläser werden allerhand kleine, am besten bunte, durchsichtige oder durchscheinende Körper gebracht, welche nun beim Drehen und leisen Schütteln des Instrumentes verschiedene Lagen gegen einander einnehmen. Das Auge, welches durch die angegebene Oeffnung sieht und das Rohr gegen das Tageslicht kehrt, erblickt bei jeder Lage der Körperchen im unteren Raume des Instrumentes die regelmäßigsten, bald vom Mittelpunkte aus, bald vom äußeren Umfange nach diesen herein sich erstreckenden Sterne.

Die Entstehung dieser Sterne kann man leicht nach folgender von Brandes angegebenen Betrachtung übersehen.

Es stelle AC (Fig. 82.) den einen, BC den andern Spiegel vor, die hier einen Winkel von 60 Graden mit einander machen; β sei ein Gegenstand zwischen beiden Spiegeln, einer der bunten Körper, die sich zwischen den parallelen Gläsern am Ende der Röhre befinden. Bekanntlich sieht man im Spiegel allemal die Gegenstände so, als ob ihr Bild in dem Perpendikel eben soweit hinter dem Spiegel läge, als der Gegenstand vor demselben liegt, und für einen zweiten Spiegel ist die Abspiegelung dieses Bildes genau so, als ob das Bild selbst ein Gegenstand wäre. Sind also βm, βn auf beide Spiegel senkrecht gezogen und so verlängert, daß $b'm = \beta m$, $b''n = \beta n$ ist, so sind b', b'' die beiden ersten Bilder des Gegenstandes β. Zieht man von b' auf den zweiten Spiegel $b'p$ senkrecht und nimmt $'b'p = b'p$, so ist $'b'$ das eine durch zweimalige Reflexion erscheinende Bild, und eben so gibt $b''q$ senkrecht auf den ersten Spiegel und $''b''q = b''q$ den Ort des andern durch zweimalige Spiegelung entstandenen Bildes $''b''$. Zieht man von $'b'$ die Senkrechte $'b'r$ auf den ersten Spiegel und nimmt $b'''r = 'b'r$, so ist b''' das durch drei Zurückwerfungen entstandene Bild; aber wenn man $''b''s$ auf den zweiten Spiegel senkrecht zieht, und $b'''s = ''b''s$ nimmt, so fällt dieses Bild b''' mit dem vorigen b''' zusammen und die Zahl der Bilder ist damit vollendet.

Die beiden rechteckig zugeschnittenen Spiegel für das Kaleidoskop verfertigt man sich am besten aus ebenen reingeschliffenen Glasplatten, deren Hinterfläche schwarz lackirt ist. Gewöhnliche Spiegel, deren Hinterfläche belegt ist, geben, wenn Auge und Gegenstand nahe bei einander sind doppelte Bilder, eines an ihrer Vorderseite und eines an der Rückseite, wodurch die Erscheinungen am Kaleidoskop verundeutlicht werden; die angegebenen Spiegel mit schwarzlackirter Hinterfläche thun dieß nicht, die von ihnen gegebenen Bilder sind aber dafür freilich etwas matter als bei belegten Spiegeln.

Kalender (v. d. lat. Kalendae bei den Römern der Name des ersten Tages eines jeden Monates). Der natürliche Wechsel von Tag und Nacht in wiederkehrenden Zeiträumen, die Ab- und Zunahme der Monderleuchtungen nach ziemlich festen Zeiträumen, der veränderliche Stand der Sonne und die damit verbundene Abwechselung und Wiederkehr der Jahreszeiten gleichfalls nach bestimmten Zeiträumen, dieß zusammen hat veranlaßt, die genannten Zeitabschnitte besonders zu bezeichnen, im Voraus ihre Wiederkehr zu bestimmen und jeden Cyklus durch verschiedene Benennungen auszuzeichnen. Das Verzeichniß der einzelnen nach diesen Erscheinungen bestimmten Tage durch alle Monate über ein ganzes Jahr ist dasjenige, was Kalender genannt worden ist. Die Einrichtung desjenigen Kalenders, welcher bei den meisten europäischen, christlichen Völkern üblich ist, schreibt von mehren Verhältnissen ihren Ursprung her. Die Abschnitte der Wochen in denselben rühren aus der hebräischen Zeitrechnung her, in welche sie zufolge der religiösen Einrichtungen der Juden gekommen sind. Die jetzige Monatseintheilung richtete Julius Cäsar ein. (S. d. Art. Jahr u. Monat.) Da das bürgerliche Jahr, welches durch den Kalender näher bestimmt wird, mit dem tropischen Jahre so genau als möglich übereinstimmen muß, so war erst Julius Cäsar, nachher Pabst Gregor XIII. bemüht eine regelmäßige Ordnung in Vertheilung der Zeit auf die Monate und die einzelnen Jahre, welche zum Theil mit Einschaltungen versehen werden mußten, einzuführen. S. über diesen Julianischen und Gregorianischen Kalender d. Art. Jahr.

Ueber den Sonnencyklus, den Mondcyklus (die güldne Zahl), den Indictionscyklus (Römerzinszahl), aus denen sich noch jetzt gebräuchliche Kalenderbestimmungen ergeben, s. d. Art. Cyklus. Der Sonntagsbuchstabe gibt den Buchstaben des ersten Sonntags im Jahre an, wenn alle Tage desselben wiederkehrend mit ABCDEFGAB u. s. w. vom ersten bis zum letzten bezeichnet werden. Im Jahre 1835 und im cursirenden Gregorianischen Kalender ist der Sonntagsbuchstabe D, weil der 4. Jan. der vierte Tag des Jahres ein Sonntag ist; in der Reihe der Buchstaben desselben sind alle Sonntage durch D bezeichnet. Jedes Schaltjahr hat zwei Sonntagsbuchstaben, weil nach dem Schalttage die Tage gegen die des gemeinen Jahres um eine Stelle fortrücken, indem der Schalttag darinnen eben so wie der 24. Februar mit F bezeichnet wird. In der Reihe der Jahre springt daher nach jedem Schaltjahre der Sonntagsbuchstabe um 2 Buchstaben zurück. Wenn daher im Jahre 1836 der Sonntagsbuchstabe C und B wird, so ist derselbe 1837 A. u. s. f.

Für das gegenwärtige Jahrhundert gilt folgende Tafel, in welcher die Sonntagsbuchstaben mit den Jahren des Sonnenzirkels zusammengestellt sind:

1. E. D.	8. C.	15. A.	22. F.
2. C.	9. B. A.	16. G.	23. E.
3. B.	10. G.	17. F. E.	24. D.
4. A.	11. F.	18. D.	25. C. B.
5. G. F.	12. E.	19. C.	26. A.
6. E.	13. D. C.	20. B.	27. G.
7. D.	14. B.	21. A. G.	28. F.

Das wievielte Jahr eines Sonnencirkels ein gewisses Jahr unsrer Zeitrechnung sei, findet man nach der Bd. I. S. 423. im Art. Cyklus angegebenen Weise. So z. B. ist 1835 das 24. Jahr des Sonnencyklus, der Sonntagsbuchstabe desselben folglich D und da nun D der 4te Buchstabe von A ist, so fällt der erste Sonntag des Jahres auf den 4ten Januar. In dem sogenannten (am Schluße dieses Art. angehängten) immerwährenden Kalender sind nun die Monatstage mit den Buchstaben A bis G zusammengestellt und man weiß nun, daß wenn z. B. D der Sonntagsbuchstabe, alle Tage des Jahres bei denen D steht, Sonntage sind, alle Tage bei denen E steht Montage u. s. w.

Mit Hilfe des immerwährenden Kalenders bestimmt man die Neumondstage so, daß man die güldene Zahl eines bestimmten Jahres nach der im Art. Cyklus Bd. I. S. 422. angegebenen Weise sucht, sie ist z. B. für 1835 = 12, und hierzu die Epakte in dem Epaktentäfelchen (welches im Art. Epakten Bd. II. S. 254. angegeben ist) sucht, sie ist für 12 = I. Alle Monatstage im immerwährenden Kalender, neben denen diese Zahl steht sind Neumonde, für 1835 also z. B. der 30. Januar, der 28. Febr., der 30. März u. s. f.

Das Osterfest fällt nun bekanntlich immer auf den ersten Sonntag nach dem ersten Vollmond, welcher auf die Frühlingstag- und Nachtgleiche folgt. Die Frühlingsnachtgleiche ist den 21. März jedes Jahres. Im J. 1835 fällt also der erste Vollmond (der 13 Tage nach dem vorhergehenden Neumond liegt) nach dem 21. März auf den 12. April, der nächstfolgende Sonntag ist Ostern; D ist der Sonntagsbuchstabe, folglich ist Ostersonntag 1835 nach dem immerwährenden Kalender der 19. April.

Die übrigen christlichen Festtage richten sich entweder nach dem Osterfeste oder fallen auf bestimmte Tage. Die Sonntage vor dem Osterfeste heißen nach dem Anfange des Jahres zu geordnet Palmarum, Judica, Lätare, Oculi, Reminiscere, Invocavit, Estomihi. Fastnacht ist Dienstags nach Estomihi; das Neujahrsfest fällt zum 1sten Jan.; am Sonntag darauf ist hohes Neujahr; die folgenden Sonntage bis Sonntag Estomihi sind mit 1. 2. 3. u. s. viele, als vorhanden sind, nach Epiphanias oder Erscheinung Christi, welches Dienstags nach dem hohen Neujahre einfällt, bezeichnet; der siebente Sonntag nach Ostern ist der Pfingstsonntag; die Sonntage dazwischen in natürlicher Reihe heißen Quasimodogeniti, Misericordia, Jubilate, Cantate, Rogate, Exaudi; am Donnerstag zwischen Sonntag Rogate und Exaudi fällt der Himmelfarth-Christi-Tag ein; Sonntags nach Pfingsten ist das Fest Trinitatis, nach dem die Sonntage bis zu den Adventen als 1. 2. 3. u. s. w.

nach Trinitatis gezählt werden; den 24. Juni ist das Fest Johannis des Täufers; der heilige Christtag ist den 25. Dec. ihm folgen die Weihnachtsfesttage; die vier Sonntage vorher sind die vier Advent-Sonntage. Man nennt noch am 2. Februar das Fest der Mariä Reinigung, am 25. März das Fest der Mariä Verkündigung; am 2. Juli das Fest der Mariä Heimsuchung, am 15. August das von Mariä Himmelfarth und am 8. Sept. das von Mariä Geburt. Der 31. Oct. dient zur Feier des Reformationsfestes.

Ueber die näheren Bestimmungen der *Zeit* und des *Mondumlaufes* s. d. Art. *Zeit* und *Mond*.

Immerwährender Gregorianischer Kalender.

	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.
1.	A. *.	D. XXIX.	D. *.	G. XXIX.	B. XXVIII.	E. XXVII.
2.	B. XXIX.	E. XXVIII.	E. XXIX.	A. XXVIII.	C. XXVII.	F. XXVI.
3.	C. XXVIII.	F. XXVII.	F. XXVIII.	B. XXVII.	D. XXVI.	G. {XXV. XXIV.
4.	D. XXVII.	G. XXVI.	G. XXVII.	C. XXVI.	E. XXV.	A. XXIII.
5.	E. XXVI.	A. {XXV. XXIV.	A. XXVI.	D. {XXV. XXIV.	F. XXIV.	B. XXII.
6.	F. XXV.	B. XXIII.	B. XXV.	E. XXIII.	G. XXIII.	C. XXI.
7.	G. XXIV.	C. XXII.	C. XXIV.	F. XXII.	A. XXII.	D. XX.
8.	A. XXIII.	D. XXI.	D. XXIII.	G. XXI.	B. XXI.	E. XIX.
9.	B. XXII.	E. XX.	E. XXII.	A. XX.	C. XX.	F. XVIII.
10.	C. XXI.	F. XIX.	F. XXI.	B. XIX.	D. XIX.	G. XVII.
11.	D. XX.	G. XVIII.	G. XX.	C. XVIII.	E. XVIII.	A. XVI.
12.	E. XIX.	A. XVII.	A. XIX.	D. XVII.	F. XVII.	B. XV.
13.	F. XVIII.	B. XVI.	B. XVIII.	E. XVI.	G. XVI.	C. XIV.
14.	G. XVII.	C. XV.	C. XVII.	F. XV.	A. XV.	D. XIII.
15.	A. XVI.	D. XIV.	D. XVI.	G. XIV.	B. XIV.	E. XII.
16.	B. XV.	E. XIII.	E. XV.	A. XIII.	C. XIII.	F. XI.
17.	C. XIV.	F. XII.	F. XIV.	B. XII.	D. XII.	G. X.
18.	D. XIII.	G. XI.	G. XIII.	C. XI.	E. XI.	A. IX.
19.	E. X I.	A. X.	A. XII.	D. X.	F. X.	B. VIII.
20.	F. XI.	B. IX.	B. XI.	E. IX.	G. IX.	C. VII.
21.	G. X.	C. VIII.	C. X.	F. VIII.	A. VIII.	D. VI.
22.	A. IX.	D. VII.	D. IX.	G. VII.	B. VII.	E. V.
23.	B. VIII.	E. VI.	E. VIII.	A. VI.	C. VI.	F. IV.
24.	C. VII.	F. V.	F. VII.	B. V.	D. V.	G. III.
25.	D. VI.	G. IV.	G. VI.	C. IV.	E. IV.	A. II.
26.	E. V.	A. III.	A. V.	D. III.	F. III.	B. I.
27.	F. IV.	B. II.	B. IV.	E. II.	G. II.	C. *.
28.	G. III.	C. I.	C. III.	F. I.	A. I.	D. XXIX.
29.	A. II.		D. II.	G. *.	B. *.	E. XXVIII.
30.	B. I.		E. I.	A. XXIX.	C. XXIX.	F. XXVII.
31.	C. *.		F. *.		G. XXVIII.	

	Julius.	August.	September.	October.	November.	December.
1.	G. XXVI.	C. {XXV. XXIV.	F. XXIII.	A. XXII.	D. XXI.	F. XX.
2.	A. XXV.	D. XXIII.	G. XXII.	B. XXI.	E. XX.	G. XIX.
3.	B. XXIV.	E. XXII.	A. XXI.	C. XX.	F. XIX.	A. XVIII.
4.	C. XXIII.	F. XXI.	B. XX.	D. XIX.	G. XVIII.	B. XVII.
5.	D. XXII.	G. XX.	C. XIX.	E. XVIII.	A. XVII.	C. XVI.
6.	E. XXI.	A. XIX.	D. XVIII.	F. XVII.	B. XVI.	D. XV.
7.	F. XX.	B. XVIII.	E. XVII.	G. XVI.	C. XV.	E. XIV.
8.	G. XIX.	C. XVII.	F. XVI.	A. XV.	D. XIV.	F. XIII.
9.	A. XVIII.	D. XVI.	G. XV.	B. XIV.	E. XIII.	G. XII.
10.	B. XVII.	E. XV.	A. XIV.	C. XIII.	F. XII.	A. XI.
11.	C. XVI.	F. XIV.	B. XIII.	D. XII.	G. XI.	B. X.
12.	D. XV.	G. XIII.	C. XII.	E. XI.	A. X.	C. IX.
13.	E. XIV.	A. XII.	D. XI.	F. X.	B. IX.	D. VIII.
14.	F. XIII.	B. XI.	E. X.	G. IX.	C. VIII.	E. VII.
15.	G. XII.	C. X.	F. IX.	A. VIII.	D. VII.	F. VI.
16.	A. XI.	D. IX.	G. VIII.	B. VII.	E. VI.	G. V.
17.	B. X.	E. VIII.	A. VII.	C. VI.	F. V.	A. IV.
18.	C. IX.	F. VII.	B. VI.	D. V.	G. IV.	B. III.
19.	D. VIII.	G. VI.	C. V.	E. IV.	A. III.	C. II.
20.	E. VII.	A. V.	D. IV.	F. III.	B. II.	D. I.
21.	F. VI.	B. IV.	E. III.	G. II.	C. I.	E. *.
22.	G. V.	C. III.	F. II.	A. I.	G. *.	F. XXIX.
23.	A. IV.	D. II.	G. I.	B. *.	E. XXIX.	G. XXVIII.
24.	B. III.	E. I.	A. *.	C. XXIX.	F. XXVIII.	A. XXVII.
25.	C. II.	F. *.	B. XXIX.	D. XXVIII.	G. XXVII.	B. XXVI.
26.	D. I.	G. XXIX.	C. XXVIII.	E. XXVII.	A XXVI.	C. XXV.
27.	E. *.	A. XXVIII.	D. XXVII.	F. XXVI.	B. {XXV. XXIV.	D. XXIV.
28.	F. XXIX.	B. XXVII.	E. XXVI.	G. XXV.	C. XXIII.	E. XXIII.
29.	G. XXVIII.	C. XXVI.	F. {XXV. XXIV.	A. XXIV.	D. XXII.	F. XXII.
30.	A. XXVII.	D. XXV.	G. XXIII.	B. XXIII.	E. XXI.	G. XXI.
31.	B. XXVI.	E. XXIV.		C. XXII.		A. XX.

Kammer, dunkle, dunkles oder **verfinstertes Zimmer** gewöhnlich lat. camera obscura genannt, ist ein von Porta erfundener und 1558 zuerst beschriebener optischer Apparat, der dazu dient innerhalb eines finsteren Raumes Bilder außerhalb dieses Raumes befindlicher Gegenstände zu erzeugen. Stellen wir uns irgend einen kastenartigen rings eingeschlossenen also finstern Raum vor, welchen Fig. 83. ABCD bezeichnen mag. Vor der Wand CD befinde sich ein stark erleuchteter Gegenstand, und in derselben Wand CD sei eine kleine Oeffnung bei o angebracht, welche so eng ist, daß man von ihr annehmen kann, es könne nur Einer von den unzähligen z. B. vom Punkte P ausgehenden Strahlen durch sie hindurch in das Innere von ABCD dringen. Auf diese Oeffnung gelangt und geht durch sie hindurch nicht nur ein Strahl von dem Einem Punkte P des Gegenstandes PQ, sondern eben so ein Strahl von jedem anderen Punkte des Gegenstandes PQ. Jeder dieser Strahlen geht geradlinig fort und so kommt es, daß der Strahl von P die der Oeffnung o gegenüberstehende

Wand AB bei p, der Strahl von Q die Wand AB bei q und so auch der Strahl von R dieselbe Wand bei r treffen wird. Was so von P, Q und R gilt auch von allen andern Punkten des Gegenstandes, und man sieht nun leicht ein, wie bei p q ein umgekehrtes Bild von PQ entstehen müsse. Damit dieses Bild die gehörige Deutlichkeit habe, ist nöthig daß die Oeffnung o sehr klein sei, denn das Bild wird offenbar alsbald verschwinden, sobald mehre Punkte des Gegenstandes PQ Licht nach demselben Punkte der Wand AB werfen, dieß aber wird um so mehr der Fall sein, je größer die Oeffnung O ist. Mit der Größe der Oeffnung nimmt aber die Erleuchtung im Allgemeinen zu, und erweitert man o immer mehr, so wird das Bild pq immer mehr verschwinden, die Wand AB aber immer stärker erleuchtet erscheinen, bis sie endlich das Licht ganz eben so, wie wenn DB gänzlich fehlte zurückwirft, d. h. ohne Erscheinung eines Bildes in ihrer eigentlichen Farbe erscheint. Ist die Oeffnung o sehr eng, so wird zwar das Bild an Deutlichkeit gewinnen, zugleich aber sehr lichtarm sein. Um nun das Bild zugleich deutlich und lichtvoller zu haben, kann man die Oeffnung o erweitern und eine convexe Linse in sie einsetzen, dann aber muß AB gerade so weit von DC entfert sein, als die Größe der Brennweite dieser Linse ist. In diesem Falle nämlich concentrirt die Linse mehre der von jedem einzelnen Punkte P, R oder Q ausgehenden Strahlen auf Einem entsprechenden Punkte p, r oder q der Wand AB und so wird die Deutlichkeit des Bildes so groß sein, als wäre die Oeffnung o nur ein Punkt, und dennoch zugleich eine größere Lichtstärke des Bildes stattfinden. Aber auch in diesem Falle wird das Bild in umgekehrter Lage von PQ erscheinen. Eine aufrecht erscheinende Lage des Bildes wird aber dann stattfinden, wenn man dem Gegenstande PQ außerhalb des dunklen Raumes selbst eine umgekehrte Stellung ertheilt, oder durch eine besondere Vorrichtung die Umkehrung des Bildes bewirkt.

Die durch die Camera obscura erzeugten Bilder zeichnen sich durch eine besondre Schönheit der Farben und Weichheit der Umrisse aus und haben überdieß noch den ganz eigenthümlichen Reiz, daß sie lebendig sind. Alles was nämlich außerhalb des verdunkelten Raumes vorgeht, regt und bewegt sich auch in dem Bilde. Man kann jedes Zimmer zur Camera obscura leicht vorrichten. Die Fenster desselben werden durch Laden geschlossen und nur in eine Oeffnung des einen Ladens wird ein Objectivglas von etwa 5 F. Brennweite angebracht. In dem Brennpunkte dieses Glases wird dann eine mit weißem Papier beklebte Tafel aufgestellt, auf der das Bild des Platzes vor dem Fenster erscheint. Man wird natürlich nur solche Zimmer hierzu wählen, welche eine angenehme Aussicht haben. Um die Umkehrung des Bildes zu bewirken, bedient man sich eines rechtwinkligen gläsernen Prisma's, wie Fig. 84. im Durchschnitt darstellt. Hier werden von der Fläche AB, die von dem Gegenstande kommenden Strahlen so zurückgeworfen, wie dieses die Figur erläutert und auf diese Weise wird eine Umkehrung des Bildes entstehen, durch welche die Umkehrung durch das Objectiv aufgehoben wird. Da die nahe bei C parallel mit der Basis einfallenden

Strahlen dieselbe nicht mehr treffen, so ist das untere Drittheil der Prisma's CDE überflüßig und kann wegbleiben. Man kann größere Prismen auch aus Spiegelglastafeln zusammensetzen und dieselben mit Wasser oder Weingeist füllen.

Horner führt folgende artige Einrichtung einer kleinen Camera obscura an. In einer wohlgelegenen, etwas dunklen Ecke eines gewöhnlichen nicht eben sehr finsteren Zimmers wird die Mauer schräg durchbrochen und auf der äußeren Seite AA (Fig. 92.) ein Objectiv eingesetzt, dessen Brennweite ungefähr der Mauerdicke gleich ist. An der inneren Seite der Wand I hängt ein gewöhnlicher Bilderrahmen mm mit einem mattgeschliffenem Glase, auf welchem die äußeren Gegenstände sich abbilden; ein Prisma P von mäßiger Größe dient zur Aufrechtstellung dieses (ohne das Prisma verkehrt erscheinenden) beweglichen Gemäldes. Bequemer als die eben erwähnten sind die tragbaren, transportirbaren Vorrichtungen von dunklen Kammern. An die Stelle des verfinsterten Zimmers tritt hier ein dunkler Kasten, auf dessen unteren oder oberen horizontalen Fläche das Bild erscheint. Eine solche Vorrichtung stellt Fig. 93. vor. CDHG und IKLM sind zwei über einander gestellte hohle Kasten, der untere inwendig schwarz angestrichen. Der obere kleinere ist bei GH offen, um das Licht von den Gegenständen AB einzulassen. In seiner Diagonalfläche steht der Planspiegel GD unter einem Winkel von 45° gegen den Horizont geneigt. Im Boden befindet sich ein kurzes Rohr mit dem erhabenen Linsenglase EF. Der Spiegel wirft den Lichtstrahl, der von A horizontal auf seine Mitte fällt, lothrecht in der Axe des Glases nach a, und einen andern, der von B kömmt, durch des Glases Mitte ungebrochen nach b. Wenn nun der Boden des untern Kastens LM vom Glase um die gehörige Vereinigungsweite entfernt ist, so kommen alle Strahlen, die von A aufs Glas fallen, auf dem Boden in a, und alle, die von B kommen, in b zusammen, und wenn man ein Reißbret mit weißem Papiere bespannt dahin legt, so entwirft sich auf selbigem das Bild ab. Die Seite KM ist durch einen Deckel von Wachstuch NO verschlossen, den man aufheben kann, um das Auge und die Hand in den innern Raum zu bringen, und so das entworfene Bild, das sich von dieser Seite aufrecht darstellt, abzuzeichnen. Wegen der verschiedenen Entfernung der Gegenstände kann die Linse EF in ein engeres Rohr eingesetzt werden, das sich in dem weitern verschieben, und nach Erfordern in andere Abstände vom Boden LM bringen läßt.

Eine andere tragbare Camera obscura ist Fig. 94. abgebildet. Hier ist der Planspiegel B*) so gestellt, daß das von ihm zurückgeworfene Bild nach oben auf ein bei C ausgespanntes geöltes Papier oder eine matte Glastafel, durch die es durchscheint, fällt, das Auge des Beobachters befindet sich oberhalb von C und Seitenflügel so wie der Flügel D können angebracht sein um das störende Sonnenlicht abzuhal-

*) Der Planspiegel vertritt hier wie bei der vorigen Einrichtung das bei den größeren dunklen Kammern nöthige Prisma.

ten. Bei A befindet sich eine Röhre, welche die Linse enthält, und die genähert und entfernt werden kann.

Wollaston hat den Rath gegeben, als Objectiv eines Meniskus sich zu bedienen, dessen eine Seite mehr convex, als die andere concav ist. Die concave Seite muß dem Gegenstande zugekehrt sein. Das Verhältniß der Radien, nach welchen die Krümmungsflächen geschliffen sind, ist nach Couchoix am passendsten das von 5 : 8. (Vergl. d. Art. Linsenglas.)

Chevalier ersetzt Linse und Spiegel einer gewöhnlichen dunklen Kammer durch ein Glas, wovon Fig. 85. einen Durchschnitt angibt, und welches an der Fläche AB eben, an der Fläche AC convex an BC hingegen concav ist. Fallen nun von einem fernen Gegenstande Strahlen auf AC, so werden sie wie in einer Linse gebrochen und an AB so reflectirt, daß sie durch CB hervorkommen, und in D ein verkehrtes Bild des Gegenstandes geben.

Kammer, helle, gewöhnlich lat. camera clara genannt, ist ein der in dem Art. Kammer, dunkle, beschriebenen, Fig. 94. abgebildeten ganz ähnliche Vorrichtung, nur daß an die Stelle der mattgeschliffenen Glastafel bei C eine große Glaslinse von nicht zu langer Brennweite angebracht ist. Ueber dieser in einiger Entfernung bringt der Beobachter das Auge an, welches vor dem Eindringen eines zu starken äußeren Lichtes geschützt werden muß, und auf der Linse erscheint dann das Bild mit scharfen Umrissen und lebhaften Farben.

Kammer, lichte, gewöhnlich lat. camera lucida genannt, ist ein von Wollaston erfundenes Instrument, welches dazu dient, auf bequeme Weise Landschaften u. dergl. schnell zu zeichnen, und das sich von der dunklen Kammer namentlich durch den Mangel eines dunklen Kastens, innerhalb dessen das Bild erscheint, unterscheidet. Baumgartner gibt von derselben nachstehende Beschreibung.

Die Camera lucida besteht aus einem Glasprisma ABDC, (Fig. 86.), welches man mit den gehörigen Winkeln dadurch erhält, daß man mit dem Halbmesser AB den Quadranten AD beschreibt, ihn in C in zwei gleiche Theile theilt und die Sehnen AC und CD zieht. Das Viereck ABDC gibt dann den senkrechten Durchschnitt des gläsernen Prisma's, das hinreichend groß ist, wenn die Höhe BA = $\frac{1}{2}$ Z. und die Länge 1 Zoll beträgt. Die beim Gebrauche wagrechte Fläche AB wird mit einer geschwärzten Platte bedeckt, die einen ganz kleinen Ausschnitt hat, um das Licht durchzulassen; das Ganze ist mit einem Postamente versehen, wie Fig. 87. zeigt. Ist S ein leuchtender Gegenstand, der Licht auf CD sendet, so wird davon ein Theil nach AC und von da nach G reflectirt, so daß er in das in G befindliche Auge kommt. Man sieht daher S in s. Befindet sich nun in s ein weißes Papier, so kann wegen der Kleinheit des Instrumentes auch von diesem Licht ins Auge kommen und man wird zugleich den Gegenstand S und das Papier, und zwar jenen auf diesem so sehen, daß man ihn nachzeichnen kann. Dieses artige Instrument erfand Wolla-

ston. Ein sehr kleiner Planspiegel leistet dieselben Dienste wie die Camera lucida.

Amici hat mehre Abänderungen des Apparats angegeben, unter andern folgende:

ab (Fig. 88.) ist ein etwa drei Linien dickes Planglas mit parallelen Wänden, cd ein metallener Planspiegel, der gegen ab um 135° geneigt ist. Sendet nun ein leuchtender Punkt S Strahlen auf cd, so werden sie in A reflectirt, gelangen auf B, wo sie eine zweite Reflection erleiden und ins Auge O kommen. Eben dahin gelangen auch Strahlen vom Punkte D, wo man S sieht, und man kann daher selbst leicht das Bild von S nachzeichnen.

Kegelspiegel heißen diejenigen Spiegel, deren spiegelnde Fläche der Mantel (krumme Seitenfläche) eines Kegels ist. Da das Bild, welches in einem Kegelspiegel erscheint, immer ein verzerrtes Bild ist, und nur dann ein richtig geordnetes Bild im Spiegel gesehen wird, wenn ein vor demselben gelegtes Gemälde oder Zeichnung, ein nach gewissen Regeln verzerrt gezeichnetes ist, so bedient man sich des Kegelspiegels ähnlich wie des Cylinderspiegels (s. d. Art.) zu Anamorphosen (s. d. Art.). Um eine verzerrte Zeichnung anzufertigen, welche im Spiegel betrachtet ein richtiges Bild irgend eines Gegenstandes darstellt, dient (nach Brandes) folgende Regel.

Man zeichnet in einen der Grundfläche des Kegels gleichen Kreis die Figur, welche das gesehene Bild darstellen soll, zieht dann durch einen in die Anamorphose einzutragenden Punkt A (Fig. 89.) dieses Bildes den Radius CB; errichtet in C eine auf CB senkrechte Linie und nimmt darauf CD der Höhe des Kegels, DE der Höhe des Auges über der Spitze des Kegels gleich; zieht EA, und nimmt an dem Punkte H, wo diese in DB einschneidet, den Winkel GHB = AHB; dann ist der Durchschnittspunkt a der Linie HG mit dem Radius derjenige Punkt der Anamorphose, der sein Bild in A darstellt. Es erhellet daher leicht, daß die Punkte, welche sich als dem Umfange der Grundfläche nahe liegend zeigen sollen, nur wenig außerhalb des Kreises gezeichnet werden, diejenigen hingegen, die dem Mittelpunkte des Kreises nahe liegen sollen, am entferntesten vom Umfange des Kreises zu zeichnen sind. Die Grenze des verzerrten Bildes wird gefunden, indem man BD nach L verlängert und MDB = LDE nimmt; alle Punkte, die auf einem um C gezogenen Kreise vom Halbmesser CM liegen, erscheinen dem Auge als im Centrum C vereinigt.

Keil heißt ein einfaches mechanisches Instrument, welches aus einem dreiseitigen Prisma besteht, wie solches Fig. 90. vorstellt, und dessen man sich bedient um, indem man es zwischen zwei Körper oder zwei Stücke desselben Körpers mit einer seiner scharfen Kante hineintreibt, eine Trennung, Spaltung hervorzubringen. Man macht z. B. in ein zu spaltendes Stück Holz einen Einschnitt, steckt in diesen den Keil Fig. 90. mit einer seiner Kanten z. B. CD und schlägt nun mit Gewalt auf die Fläche ABFE, so fährt der Keil in das Holz und

wie er eindringt, treibt er dasselbe, weil er nach oben an Stärke zunimmt aus einander. Die Vertheilung der angewandten Kraft lehrt folgende geometrische Betrachtung. Fig. 91. stelle ABC einen senkrechten Durchschnitt des Keils dar, so daß AB in der Fläche ABFE des Keils Fig. 90. liegt. Die Kraft wirke senkrecht gegen AB in der Richtung DE, und DE gebe zugleich die Größe der Kraft in dieser Richtung an. Da die Gegenkraft, die zu überwältigende Last, gegen die Seitenwände des Keils AC und CB wirkt, so zerlegt sich jene Kraft (nach dem Satz vom Parallelogramm der Kräfte) in die auf AC und CB senkrecht wirkenden Kräfte DF und DG (wenn DK auf AC und DL auf BC senkrecht steht). Nennen wir P die durch DE ausgedrückte Kraft, Q die durch DF ausgedrückte Kraft und Q′ die durch DG ausgedrückte Kraft, so verhält sich (DFEG ist ein Parallelogramm, DG = EF):

$$P : Q : Q' = DE : DF : EF$$

Das Dreieck ADK ist bei K rechtwinklig, folglich ist Winkel A = R — ADK und W. FDE = R = ADK, folglich W. A = W. FDE. Ebenso ist W. B = W. EDG; W. EDG = DEF; folglich W. B = W. DEF; folglich Dreieck DFE ähnlich dem Dreieck ABC; folglich

$$DE : DF : EF = AB : AC : BC \text{ folglich}$$
$$P : Q : Q' = AB : AC : BC$$

d. h. die Kräfte verhalten sich wie die Seiten des Durchschnittdreiecks, gegen welche sie wirken. Die Fläche des Keils, gegen welche die Kraft des Stoßes oder Druckes unmittelbar wirkt heißt der Kopf des Keils, und man kann den gefundenen Satz so ausdrücken: Beim Keile verhält sich die gegen den Kopf desselben anzuwendende Kraft zu dem Widerstande, welcher gegen seine beiden Seitenwände ausgeübt wird, wie die Fläche des Kopfes zu seinen beiden Seitenflächen. Die Wirksamkeit eines Keiles erhöht sich je geringer seine Dicke im Verhältnisse zu seiner Länge ist. Bei der gewöhnlichen Anwendung des Keils zum Spalten u. s. w. wird seine Anwendung selten ein Gegenstand der Berechnung, er wird beim Eintreiben durch die Reibung an seinen Seiten festgehalten, und zwar mit bedeutender Stärke, wie man aus dem Umstande sieht, daß er (seine Seiten müßten denn sehr glatt sein) nicht zurückgeht, auch wenn die Kraft auf ihn zu wirken aufgehört hat, und daß sogar eine bedeutende Kraft erforderlich ist, ihn zurückzuziehen. Man sieht leicht, daß die Theorie des Keils sich auf die der schiefen Ebene (s. d. Art.) zurück führen läßt, und daß alle scharfen und spitzen Schneide- und Stechinstrumente, Messer, Beile, Aexte, Spaten, auch Nägel, Nadeln u. s. w. als Keile wirken.

Klima (v. d. griech. κλίνω neigen). Die Länge des Tages ist bekanntlich unter den verschiedenen Parallelkreisen verschieden und die Temperatur nimmt von dem Aequator nach den Polen zu ab; beide, Temperatur und Tageslänge, leiteten die älteren Geographen von der Neigung der Oberfläche der Erde gegen die Sonne ab und unterschieden so zwischen Aequator und Polarkreis 24 durch Tageslänge und mittlere

Temperatur von einander abweichende **Klimata**. Hiernach sind die Klimata Erdgürtel. Als erstes Klima nahmen sie das des Aequators an, wo der Tag das ganze Jahr hindurch 12 Stunden beträgt. Jedes folgende Klima beginnt da, wo der längste Tag des Jahres um ½ Stunde länger wird. Am Polarkreise beträgt der längste Tag 24 Stunden, woraus sich denn bis zu diesem Kreise vom Aequator ab die Anzahl von 24 Klimaten ergibt. Bekanntlich nimmt zwischen dem Polarkreise und dem Pole die Länge des Tages sehr schnell zu. Einen Grad über den Polarkreis hinaus beträgt die Länge des längsten Tages schon 1 Monat und unterhalb des Poles selbst 6 Monate. Deßhalb haben spätere Geographen noch 6 Klimata innerhalb des Polarkreises unterschieden, deren längste Tage nach dem Pole zu um 1 Monat zunehmen. Da diese Eintheilung ganz mathematisch ist, so kann man das mathematische Klima eines Ortes von dem physischen unterscheiden, welches letztere man jetzt allgemein versteht, wenn von der klimatischen Beschaffenheit eines Ortes die Rede ist.

Das **physische Klima** eines Ortes besteht in den allgemeinen Witterungsverhältnissen des Ortes, wie sich dieselben im Temperaturwechsel, in Winden, Regen, Schnee, Gewittern u. dgl. äußern und ist eben so sehr von der Lage des Ortes hinsichtlich der geographischen Breite, als von den Umgebungen desselben, so wie von seiner Erhebung über den Meeresspiegel u. s. w. abhängig. Orte, welche dasselbe mathematische Klima haben, können ein durchaus verschiedenes physisches Klima besitzen, wie denn um nur ein Beispiel anzuführen, die nördlichen Gegenden von Europa ungleich mildere Temperatur haben, als die unter demselben Parallelkreise liegenden Gegenden Amerika's.

Die einzelnen Aeußerungen des Klima's: die Temperatur*), Regen, Winde u. s. w. werden unter einzelnen Artikeln abgehandelt. Hier wird von den Ursachen der klimatischen Verschiedenheiten und deren Einflüssen zu sprechen sein. Was die **Ursachen** betrifft, so sind diese theils allgemeiner, theils besonderer Art, d. h. theils solche, welche an allen Orten der Erde das Klima bestimmend auftreten, theils solche, welche nur hier und da vorkommen, daher auch nur dort wo sie auftreten, von Einfluß sind.

Allgemeine Ursachen sind: 1) die schon erwähnte **Breite** der Orte, indem bekanntlich die Hitze unterhalb und um den Aequator am heftigsten ist und von da nach den Polen zu immer mehr abnimmt. Vergl. d. Art. **Erde**.

2) **die Höhe über der Meeresoberfläche**. Je höher wir uns über die Oberfläche des Meeres erheben, desto mehr nimmt bekanntlich die Temperatur ab, zugleich wird auch die Atmosphäre dünner. Beides zusammen erzeugt eine Schärfe der Luft, welche auf das Leben der Pflanzen und Thierwelt von großem Einfluß ist. Bekanntlich entsprechen die verschiedenen Höhen der Berge hinsichtlich der klimatischen

---

*) Ueber die mittlere Temperatur der Erde an den verschiedenen Orten sowohl als im Allgemeinen, vergl. auch den Art. **Erde**.

Verhältnisse durchaus den verschiedenen Breiten, so daß wir bei Besteigung eines hohen Berges diejenigen Pflanzen nach und nach treffen, auf die wir ebenfalls bei einem weiteren Vordringen nach den Polargegenden stoßen. Wie beim Vordringen nach dem Pole gelangen wir auch bei der Ersteigung eines hohen Berges endlich zu einer Region des ewigen Eises. Besonders modificirt sich noch das Klima der sogenannten Hochebenen, Ebenen, welche sich in einer bedeutenden Höhe über dem Meeresspiegel hinziehen. Da die in diesen Höhen lagernden Luftschichten dünner als über der Meeresoberfläche sind, so dringen die Sonnenstrahlen ungeschwächter durch sie hindurch und bewirken daselbst eine größere Wärme, welche mit stärkerer Kälte, die des Nachts eintritt, abwechselt. Die Regenwolken erheben sich selten oder nie in diese Höhe. Quito ist eine solche Hochebene, die sich 8000 F. über die Meeresfläche erhebt, und wo daher, ohnerachtet Quito unter dem Aequator liegt die Temperatur zuweilen unter 0° sinkt. Zuweilen ist Wochenlang eine Temperatur von 0° und dieselbe sinkt bis zu — 3° C. Die Kälte dauert von Mai bis zum November. Ein anderes Beispiel vom Klima der Hochebenen ist die Wüste Gobi in Ostasien zwischen 32° und 43° N. B. Hier wechselt eine furchtbare Winterkälte mit einer von Juni bis September dauernden heftigen Sommerhitze. Während dieser Zeit folgen aber auf heiße und sonnige Tage so kalte Nächte, daß sich das Wasser mit einer Eisrinde überzieht.

3) die Beschaffenheit des Bodens. In sandigen Gegenden, denen es überdieß an einer festen Grundlage mangelt, verliert sich das aus der Atmosphäre kommende Wasser leicht und der Boden zeigt eine fortwährende Trockenheit. Sind solche Gegenden weit ausgebreitet wie im nördlichen Afrika, so hat die Trockenheit des Bodens zu Folge, daß sich auch gar keine wässrigen Ausdünstungen in die Luft erheben, folglich auch keine feuchten Niederschläge aus dieser erfolgen. Die hieraus sich erzeugende Trockenheit macht, daß weder Pflanzen noch Thiere, mit Ausnahme weniger Arten, existiren können, nicht einmal Vögel fortkommen und daher eine solche Gegend völlig zur Wüste wird. In den Wüsten kommen dann einzelne höchst üppig mit Vegetation bedeckte Stellen, die sogenannten Oasen vor. Diese sind Stellen wo eine feste Grundlage, vorzüglich Granit, das tiefere Herabsinken des atmosphärischen Wassers hemmt, wo sich also das Wasser ansammelt und nun mit der Wärme vereinigt das blühendste Leben mitten in der Einöde hervorruft. Im Allgemeinen wird ein mit Pflanzen reich bedeckter Boden die Feuchtigkeit länger zurückhalten als ein sandiger kahler Boden, jene Gegenden werden daher nicht allein fruchtbarer, sondern auch kühler als diese sein. Kalkhaltiger Boden reflectirt die Sonnenstrahlen stark und verbreitet größere Wärme, als thonhaltiger Boden und Dammerde, welche länger die Feuchtigkeit zurückhalten und kühl bleiben. Auch schwarze basaltige Gegenden werden leicht und stark erhitzt.

Dieses möchten diejenigen Einflüsse sein, welche sich überall in irgend einer Weise geltend machen. Bei Gelegenheit der Beschaffenheit des Bodens mag auch des auf dem Meere herrschenden Klimas Erwähnung geschehen. Das Meer hat im Allgemeinen den Einfluß, daß

es das Klima mehr constant, d. h. weniger der Veränderlichkeit unterworfen macht. Hier kommen wenige oder keine von den sogleich zu erwähnenden zufälligen Einflüssen auf das Klima vor, dieses wird fast lediglich durch die Breite bestimmt, denn auch die Erhebung über die Meeresoberfläche fällt natürlich weg. Die Luft über dem Meere ist stets mit Feuchtigkeit erfüllt und das Meer selbst ist weniger den Veränderungen der Temperatur ausgesetzt als der Boden des festen Landes. Alles dieses gilt streng jedoch nur von den weiter ausgedehnten Meeren und nicht in der Nähe der Küsten, denn hier und in engen Meeren wird das Klima sogleich durch die örtliche Beschaffenheit des Strandes modificirt werden.

Die Anzahl der an einem Orte das Klima nun noch besonders modificirenden Umstände ist sehr groß, und an den verschiedenen Orten werden bald mehr bald weniger solche besondere Umstände zusammentreffen und aus ihrer Zusammenwirkung mit den allgemeinen Ursachen wird sich das eigentliche Klima eines jeden Ortes ergeben. Vom bedeutendsten Einflusse sind Berge auf das Klima der in ihrer Nähe gelegenen Ebenen. Einzelne Berge haben nur geringen Einfluß, desto größeren aber Bergketten oder Bergmassen. Sie bestimmen namentlich die Richtungen der Winde, oft halten sie die Winde aus einer gewissen Himmelsgegend ganz ab. Ueberdieß kühlen sie die Luft ab und die erkalteten (schwereren) Luftmassen senken sich von ihnen in die Ebenen herab. Dadurch daß die Berge die Feuchtigkeit aus den Wolken anziehen, oder vielmehr Niederschläge an den kalten Steinmassen bewirken, sind sie Ansammler der Feuchtigkeit, die sie aus Quellen in Bächen und Strömen nach den Ebenen ergießen, und in häufigen Regen absetzen. Am stärksten zeigt sich dieser Einfluß der Berge in den wirklichen Thälern. Je weiter nach dem Pole zu, desto bedeutender ist der Einfluß der Lage oder Richtung eines Thales auf dessen Klima. Die gegen Süden gerichteten Thäler der nördlichen Halbkugel sind sämmtlich wärmer und darum auch fruchtbarer als die gegen Norden gerichteten. So z. B. gibt es sogar noch in Norwegen Thäler, welche gegen Süden liegen und nach allen Seiten gegen Winde geschützt sind, in denen die feineren Obstsorten zur Reife kommen. Uebrigens haben die Thäler auch oft eigenthümliche Winde, welches eine Folge der besonderen Construction der Gebirgsmassen ist, die sie bilden, und diese Winde sind zum Theil ununterbrochen. Die Gewitter, welche sich in den Thälern bilden sind gewöhnlich sehr schwer und lange anhaltend, indem die Wetterwolken nicht wie in den Ebenen leicht vorübergehen können, sondern von den Bergwänden zurückgehalten werden.

Von entschiedenem Einfluße auf das Klima ist ferner das Meer, so daß man mit Recht von einem eigenen Küstenklima und Inselklima spricht. Das Meer hat eine, das ganze Jahr hindurch wenig sich ändernde Temperatur, welche es den über dasselbe kommenden Lüften mittheilt. So kommt es, daß Küsten und Inseln auch weniger dem Temperaturwechsel ausgesetzt sind als das Binnenland. Den Gegenden am Meere kann es überdieß auch nicht an Feuchtigkeit fehlen, da sich wässrige Ausdünstungen in Masse vom Meere erheben, die

dann als Regen auf das Land niederfallen. Die Meergegenden zeichnen sich aber namentlich auch durch häufige Nebel und Stürme aus, so wie wenigstens manche flachen Gegenden durch Ueberschwemmungen. So wird von dem Küstenklima auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung berichtet, daß daselbst $\frac{4}{10}$ des Jahres Südostwinde wehen, welche häufig in heftige Stürme übergehen, so daß sie die Dünen am Ufer des Meeres versetzen und große Massen Sand fortführen. Diese Stürme sind den Bäumen im Wachsen hinderlich und zerbrechen dieselben nicht selten, stürzen Mauern um, sind den Schiffen gefährlich, und machen für Häuser und Gärten eigene Schutzmittel nöthig. Ueberdieß herrschen in jenen Gegenden viele und starke Nebel, so daß nur ein Drittheil des Jahres wahrhaft heitere Witterung ist. Aehnlich ist auch das Klima des Küstenlandes von Buenos-Aires. Hier sind die Nebel aber seltener, obschon eine bedeutende Feuchtigkeit herrscht. Dafür sind häufige und furchtbare Gewitter. Von einem Gewitter im Januar 1793 in Buenos-Aires wird erzählt, daß es 37 mal eingeschlagen und 19 Personen getödtet habe. In den nördlichen Küstenländern kommen die Gewitter fast ausschließlich im Winter vor. Dieses findet sowohl auf der norwegischen Küste, auf Island und den Faröer-Inseln, und auf den schetländischen Inseln statt, als auch auf Kamtschatka und den alantischen Inseln. Hier gehören die Gewitter des Sommers zu den Seltenheiten. Die Inseln des großen Oceans zeichnen sich zum Theil durch Fruchtbarkeit und Milde des Klimas aus, indem die sonst dem Breitengrade nach hier zu erwartende Hitze durch das Meer gemäßigt wird. Besonders merkwürdig ist das Klima von St. Helena unter 16° S. Br. Die hohen Bergspitzen dieser Insel sind immer in Wolken gehüllt und der Boden ist stets feucht und daher sehr fruchtbar. Die Temperatur ist kühl und es herrscht ein fortwährender Südostwind und zwar gerade dann am heftigsten, wenn auf dem genau im Südost liegenden Cap die heftigsten Nordwestwinde wehen. — Auch das genau bekannte Klima von Großbritannien zeichnet sich vor dem Klima des Continents aus. Berlin, Amsterdam und London liegen beinahe unter demselben Grade W.Br. und ungefähr zwei Grade nördlicher als Charkow, dabei aber sind sie von großer klimatischer Verschiedenheit. Charkow hat kältere Winter als Berlin, dieses kältere als Amsterdam, und in London reichen Kamine hin, die Zimmer zu erwärmen. In England kommen den ganzen Winter hindurch die Schaafe nicht aus dem Freien. **Kämtz** macht über das Klima von England folgende Bemerkungen.

Nirgends in England sinkt die mittlere Temperatur des Winters bis unter den Gefrierpunkt herab, und selbst auf der schottländischen Insel Unst in 60° 42′ N. beträgt dieselbe noch etwa 4°. Aber dann sind diese Inseln fast mit ewigem Nebel bedeckt, Stürme aus S.W. condensiren das Wasser, es regnet häufig und die Strahlung wird daher verhindert, während das wärmere Meer der Luft beständig eine Menge seiner Wärme abgibt. Dafür aber ist die Wärme des Sommers unbedeutend und Bäume gedeihen nicht mehr. Gehen wir weiter nach Süden, so werden die Winter in England wieder kälter, dafür aber die Sommer wärmer, so daß der Unterschied zwischen beiden

Jahreszeiten, welcher auf der schottländischen Insel Unst nur die Größe von 8° hatte, hier bis zu 12° steigt. So wie wir uns jedoch den südlichen und südwestlichen Küsten von England nähern, so wird dieser Unterschied wieder geringer, die Temperatur des Winters nimmt sehr schnell zu, wie uns dieses Gosport und noch mehr die beiden in Cornwallis liegenden Orte Pensance und Helston beweisen, welche letzteren eine Wintertemperatur von mehr als 6° haben. Aber hier sind auch die Winterregen stark, die Luftmassen niederer Breiten erwärmen die Atmosphäre sehr bedeutend. Schon längst ist auf das merkwürdige Klima von Pensance und Devonshire aufmerksam gemacht worden. Pflanzen, welche keiner großen Kälte widerstehen können, wie Myrthen, Cametia japonica, Fuchsia coccinea und Buddleja globosa gedeihen an der Meeresküste ohne Schutz und der Hafen von Salcolm ist daher häufig das Montpellier des Nordens genannt worden.

Die verhältnißmäßig warme Temperatur, welche auf der Westküste von Nord-Europa im Vergleich zu andern Gegenden der Erde unter gleichen Breiten herrscht, wird den Wassern des Golfstromes, welche von Amerika aus der Gegend von Meriko herüberströmen zugeschrieben.

Dem Insel- und Küstenklima entgegen steht das Continentalklima, welches in entfernt vom Meere liegenden Gegenden herrscht. In diesen Gegenden tritt als charakteristisches Merkmal ein scharfer Gegensatz zwischen der Temperatur des Winters und der des Sommers auf, so wie der Temperatur des Tages und der Temperatur der Nacht. Diesen Gegensatz bemerkt man in den Binnenländern Europas, in Polen, Ungarn und dem südeuropäischen Rußland, noch bedeutender tritt er aber in den drei übrigen größeren Continenten auf. Besonders auffallend ist dieser Gegensatz in dem nördlichen Amerika, namentlich in Cumberland-House unter 53° 57′, wo auf einen sehr kalten Winter ein verhältnißmäßig sehr heißer Sommer folgt. Noch am 2. April beobachtete man — 26° C. und am 17. April schon 24° C. Gerste, die man im Mai sät, kann man schon in 90 Tagen ernten. Das Klima des festen Landes kann zuweilen durch sehr große Flüsse in den nächsten Umgebungen derselben ähnlich dem Seeklima modificirt werden, wie dieses namentlich in der Nähe der großen Ströme Amerikas der Fall ist.

Von besonderem Einfluße auf die Temperatur sollen ausgebreitete Waldungen sein. Dieselben ziehen in heißen Gegenden die Feuchtigkeit der Atmosphäre an sich, halten die vorhandene länger zurück und erzeugen so eine größere Kühlung. Muncke führt als Beleg an, daß auf den Cap-Verdischen Inseln und auf Barbados wegen zu starker Ausrottung der Urwälder oft in 3 Jahren kein Regen fällt, so daß Alles verdorrt. Auf einigen westindischen Inseln, sagt derselbe, hat man daher Wälder aufs neue anlegen müssen, auf anderen ist es bei schwerer Strafe verboten, die in Wäldern zum Regen vorbehaltenen Länder (so nennt man sie) abzuholzen.

Durch die im amerikanischen Continente noch vorhandenen Urwälder ist jener Welttheil feucht und fruchtbar im Gegensatze gegen die sandigen Districte von Asien und Afrika. Moreau de Jonnes zeigt, daß

die große Hitze und Trockenheit eines Theils von Persien, der Tartarei, selbst der Gegenden um Kabul und der Wüste Sind eine Folge der ausgerotteten Bäume sei, welche übrigens in der Umgebung bewohnter Oerter sehr gut gedeihen und daher keineswegs in Folge der Unfruchtbarkeit des Bodens so gänzlich mangeln. Nach v. Humboldt's Urtheile würde Amerika eine gleiche Veränderung erleiden, wenn es seine Wälder durch gänzliche Ausrottung verlöre. Hierdurch, sagt er, bereiten die Menschen unter allen Himmelsstrichen den kommenden Geschlechtern gleichzeitig eine doppelte Plage, Mangel an Brennstoff und an Wasser. Die Bäume verbreiten um sich eine kühlere, feuchte Atmosphäre und wirken auf den Reichthum der Quellen, indem sie den Boden gegen die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen schützen. Die Zerstörung der Wälder, wie die europäischen Colonisten dieselbe in Amerika allenthalben mit unvorsichtiger Eile vornehmen, hat die gänzliche Austrocknung oder wenigstens die Abnahme der Quellen zur Folge. Eben dieses ist nach Lichtenstein der Fall auf der Südspitze von Afrika. Dort gedeihen die Wälder nur, wo Feuchtigkeit ist, also in den Bergschluchten, in denen die Bäume wiederum den Boden gegen das Austrocknen schützen. Diesen Waldungen allein verdankt die ganze Südküste von Afrika ihre Fruchtbarkeit, sie aushauen hieße diese Gegenden für mehre Jahrhunderte unbewohnbar machen.

Kämtz widerspricht jedoch der Behauptung von dem auf die Temperatur herabdrückend wirkenden Einfluße der Wälder. Er sagt: „Wenn es im Allgemeinen nicht zu leugnen ist, daß das Thermometer in Wäldern nicht so hoch steht als auf freier Ebene, so scheint dennoch die mittlere jährliche Temperatur dadurch wenig oder gar nicht geändert zu werden, sobald nicht erwiesen wird, daß die Pflanzen bei ihrem Wachsthume Wärme absorbiren und binden, ohne daß diese in der Folge wieder frei wird. Wenn auch Wälder die Temperatur des Sommers vielleicht nicht so hoch steigen lassen als sonst geschehen würde, so verhindern sie auf der andern Seite auch wieder die Strahlung und damit die Erkältung während der Nacht und im Winter. Amerika selbst gibt uns den auffallendsten Beweis, welchen geringen Einfluß die Wälder auf diesen Umstand haben. Die seit mehren Jahrhunderten von Europäern bebaute Ostküste ist schon weit entwaldeter, als die westlicher liegenden Gegenden, es müßte dieser Hypothese zufolge die Westküste kälter sein. Die Erfahrung zeigt das Gegentheil. Fort Sullivan bei Eastport in Maine in 44° 44′ N. hat eine mittlere jährliche Temperatur von 5°,45, dieselbe beträgt dagegen im Fort George an der Mündung des Columbiaflusses in 46° 18′ N., ungeachtet der größeren Breite 9°,29, obgleich hier wahrscheinlich dichtere Wälder vorhanden sind. Freilich spricht die allgemeine Erfahrung nebst historischen Zeugnissen für diesen Einfluß der Wälder. Seitdem letztere in Amerika mehr ausgerottet sind, soll das Klima angenehmer geworden sein. Die Menschen urtheilen hier nach ihrer Empfindung; Nebel, welche in den Wäldern häufig sind, erzeugen stets ein Gefühl von Kälte. Ganz dasselbe wird von Europa, namentlich von Deutschland erwähnt, und Moreau de Jonnes hat eine Menge von Beispielen aus den Alten zusammen-

gestellt, welche zeigen sollen, wie Deutschland seit den Zeiten der Römer und der Verminderung der Wälder wärmer geworden sei. Aber bei aller Achtung vor den Alten, welche Baco v. Verulam einst in die Kinderjahre des Menschengeschlechts setzte, muß ich ihr Zeugniß in dieser Hinsicht für völlig ungültig erklären. Ihnen, die an den heiteren Himmel Italiens gewöhnt waren, welche fast gar keine Sommerregen kannten, mußte der trübe Himmel Deutschlands fürchterlich erscheinen. Finden wir doch noch eben solche Urtheile, wie bei den Alten, über das Klima von Deutschland, bei Franzosen und Italienern."

Die verschiedensten Ursachen wirken zusammen um das Klima einer bestimmten Gegend zu bestimmen, oft heben die einen die andern auf. So bemerkt Muncke von der Insel Terre-Neuve, bei welcher man durch den Einfluß des Meeres ein gemildertes Klima erwarten sollte. Dieselbe erstreckt sich an der nordamerikanischen Küste von 47° bis 51° N.Br., erreicht also nicht einmal die Polhöhe von London und dennoch ist sie 6 bis 7 Monate lang fortwährend mit Schnee bedeckt, so daß nach den dort wachsenden Pflanzen zu schließen, die mittlere jährliche Wärme 1°,4 bis 3° R. nicht übersteigt. De la Pilaye beobachtete daselbst im Winter 18° R., im Sommer 1816 stieg aber die Wärme nie über 18° R. außer in Thälern, worin die Sonnenstrahlen concentrirt wurden. In andern Jahren erreichte sie indeß meistens 20 bis 22° R., ja wohl noch mehr. Hiernach gleicht also das Klima mehr einem continentalen, als einem insularischen. Am nördlichen Theile der Insel wurde 1816 nur einmal ein Gewitter beobachtet, statt deren die Nordlichter sich dort sehr häufig zeigen, am südlichen Ende aber sind die Gewitter nicht selten. Am 15. Febr. 1820 erlebte De la Pilaye daselbst ganz unerwartet ein Gewitter, welches auf plötzlich eintretendes gelinderes Wetter folgte und mit starkem Nebel verbunden war. Stürme von großer Heftigkeit sind dort nicht ungewöhnlich, insbesondere zur Zeit der Herbstnachtgleichen; im Sommer dagegen bringen die vom amerikanischen Continente hervorkommenden Südwestwinde die größte Wärme. Eigentlicher warmer Sommer fängt erst mit dem Juli an und dauert bis zum 10. September, der October bildet den Herbst und der Anfang Novembers gibt mit Frost und bleibendem Schnee einen schnellen Uebergang zum Winter. Auch früher tritt zuweilen plötzliche Kälte ein, z. B. am 25. August 1816, an welchem Tage der Boden mit Reif bedeckt wurde und die Seen auf kurze Zeit gefroren, was sich aus der Wirkung kalter nördlicher Luftströmungen erklären läßt. Das Aufthauen des Winterschnees beginnt im April, wird aber erst im Juni vollständig, weil derselbe bei trockner Luft durch Verdunstung schwindet. Der Schnee fällt meistens in feinen Nadeln, ist staubartig und wird durch den Wind stark fortgetrieben, ja selbst durch die Fugen der hölzernen Häuser gejagt. In den Sommernächten ist es angenehm warm, aber die Insecten sind sehr beschwerlich. Außerdem hat die Insel oft dicke Nebel, welche vom Oceane herkommen und im Mai und October sehr häufig sind, wogegen die Heiterkeit des Himmels in den Sommermonaten selten durch Regen unterbrochen wird. Viele von diesen klimatischen Erscheinungen werden dadurch erklärlich,

daß das Meer um die Insel wegen der Strömungen aus dem Polarmeere stets sehr kalt ist. Es findet dieses in einem so auffallenden Grade statt, daß das Baden in der See dadurch unmöglich wird und nur an solchen Orten geschehen kann, wo das wärmere Wasser aus den Flüssen die Temperatur des Meerwassers mildert.

Das Klima der einzelnen Länder ändert sich in kürzeren Fristen, ja in Jahrhunderten nur sehr wenig oder gar nicht. Während größerer Zeiträume von Jahrtausenden müssen aber, wie eine Menge von Anzeigen lehren, bedeutende Veränderungen des Klimas an allen Punkten der Erde vorgegangen sein. (Vergl. d. Art. Erde.) Versteinerungen von Pflanzen und Thieren, welche nur in heißen Klimaten fortkommen, hat man bekanntlich in sehr kalten Gegenden gefunden, wo sie also höchst wahrscheinlich einst existirt haben. Solche großartige Veränderungen der Klimate haben ihren Grund in der Veränderung der Stellung der Erde gegen die Sonne, dagegen mag auch das Verschwinden das Klima modificirender Umstände und das Aufkommen neuer weniger bedeutende Abänderungen im Klima einzelner Gegenden bewirken. So beschreiben die Alten Deutschland als ein Land, bei weitem kälter als es gegenwärtig ist, und wenn man nicht einen großen Theil dieser Nachrichten für Uebertreibungen halten will, so mag wohl der Anbau des früher brachliegenden Landes, so wie die Ausrottung der Wälder eine vortheilhafte Umgestaltung des Klimas von Deutschland bewirkt haben.

Sehr groß ist der Einfluß des Klimas auf die ganze organische Welt. Obschon der Mensch sonst unter allen Himmelsstrichen fortkommt und sich hierdurch vor allen andern lebendigen Wesen der Erde auszeichnet, so sind doch die nahe um die Pole gelegenen Gegenden auch für ihn unzugänglich. Die Kälte ist in jenen Gegenden unerträglich, und trotz vieler Versuche ist es doch bisher noch Niemand gelungen, bis in die Nähe des Erdpoles vorzudringen. Zu den nördlichsten Gegenden, auf denen Menschen jahrelang ausgedauert, gehört Spitzbergen. Hier ist die Temperatur so niedrig, daß Scoresby der mehremal zur Zeit des Sommers hier war, doch nur einmal eine Temperatur von 9° C. beobachtet hat. Gewöhnlich erhebt sich das Thermometer nicht über 1°,5 C. Von 9 Engländern, welche hier, durch einen Zufall zurückgelassen, zuerst überwintern mußten, ist auch nicht einer mit dem Leben davongekommen, wogegen 8 andere im Jahre 1630 den Winter überstanden. Später, von 1734 an haben sich sogar 3 Russen 6 Jahre und 3 Monate hier aufgehalten, ein vierter aber war gestorben. Die dem Leben nachtheiligste Folge des hier waltenden Klimas ist der Scorbut, welchen Mangel des Tageslichtes, Kälte und die eingeschlossene Luft unter der Erde und dem Schnee tödlich machen.

Im Allgemeinen verschwindet in den kälteren Gegenden immer mehr die in warmen Regionen so große Mannigfaltigkeit in der Pflanzen- und Thierwelt. Jedes Klima hat seine eigenen ihm eigenthümlichen Pflanzen und Thiere, nur daß namentlich die Pflanzen der kalten Gegenden gut in wärmeren gedeihen, während umgekehrt die Gewächse warmer Klimate gar nicht oder nur mit Hilfe der Kunst in kälteren

Klimaten gedeihen. Die einzelnen Individuen der Pflanzen und Thiere, und dieses gilt auch vom Menschen, werden in warmen Gegenden stärker als in kalten und erreichen dort häufig eine kolossale Größe. So fand z. B. Humboldt unter dem Aequator Feigenbäume, deren Stamm 22 F. Durchmesser hatte. Zuweilen war der Baum über der Erde in Wurzeln von 2 F. Durchmesser gespalten, welche ihn wie Pfeiler trugen. Diese Wurzeln gehen nicht tief in die Erde, sondern verbreiten sich weithin und wenn man sie in 20 F. Entfernung vom Stamme abhauet, so quillt der Saft heraus und erhärtet. Vielleicht stehen diese Riesenbäume schon über 1000 Jahre und treiben den Saft durch organische Thätigkeit bis 180 F. Höhe.

Es wurde schon oben erwähnt, daß mit der Erhebung über die Oberfläche des Meeres ein ähnlicher Pflanzenwechsel stattfindet, wie in der Entfernung vom Aequator nach den Polen hin. Humboldt, Buch und Wahlenberg haben diese Abstufungen für verschiedene Breitengrade näher bestimmt. Nach v. Humboldt geht vom Rio de Guayaquil aus am Chimboraço bis zu einer Erhebung von

2700 F. die Region der Palmen und Pisangs,
9000 F. der tropischen Eichen und Einchonen (Chinabäume),
12000 F. der Escallonien und Zimmt-Wintera,
12600 F. kräuterartigen Alpenpflanzen,
14600 F. Gräser und kryptogamischen Gewächse.

Nach v. Buch sind die Grenzen

in den Alpen unter 45°,25 — 46°,5		in Norwegen unter 70°	
2432 F.	Weinbau.	730 F.	Fichten.
3564 =	Nußbaum.	1483 =	Birken.
4164 =	Kirschbaum.	1980 =	Heidelbeeren.
4815 =	Buche.	2019 =	salix myrsinites.
6420 =	Tanne.	2576 =	Zwergbirke.
6840 =	Rhododendron.	3300 =	untere Schneegrenze.
8540 =	untere Schneegrenze.		

Nach Well geht die Grenze des Hochwaldes am Monte Rosa bis 7000 F. über der Meeresfläche, eben so hoch am Tabor in Savoyen; in Salzburg bis 5000 F.; in Splügen bis 4420 F. Getreide wächst am Monte Rosa auf der Südseite bis 5880 F.; gegen den Mont Cervin hin bis 5700 F.; bei Aosta am großen Bernhard bis 4938 F. An der Nordseite dagegen am Monte Rosa nur bis 4000 F.; in Splügen bis 3887 F.; am Bernhard bis 3903 F.; bei Airolo bis 3898 F. Wein wächst an der Südseite des Monte Rosa in Sessia bis 3093 F., an der Nordseite bis 2200 F.; am Bernhard bei Su-

azza bis 3026 F.; bei Giornico bis 1698 F. und Splügen bis 1149 F.

Nach Wahlenberg wachsen die Gewächse nach der Höhe der Schneegrenze höher oder niedriger. Die Temperatur eines Ortes wird am sichersten aus dem Verhalten der sämmtlichen einer gewissen Tiefe unter der Schneegrenze zugehörigen Pflanzengattungen bestimmt.

Nach seinen Beobachtungen im scandinavischen Norden reicht 1) die Fichte, nachdem sie vorher ein verkrüppeltes Ansehen angenommen, bis 3200 F. unter die Schneegrenze. Zugleich mit ihr hören resa cinnamomea Ehrh., convallaria bifolia u. a. auf. 2) Die Kiefer, obgleich im verkrüppelten Zustande, mit niedrigem Stamme und dicken breiten Zweigen, reicht höher hinauf. Auf ihrer Grenze reift die Heidelbeere nicht mehr, und etwas unter ihr reift kein Korn, bis etwa 3000 Fuß unter der Schneegrenze. Kartoffeln und Rüben werden noch groß genug, um den Anbau zu belohnen, bis 2600 F. unter derselben. 3) Birken, welche immer mehr verkrüppelt werden, so daß sie endlich nur noch mannshoch bleiben, machen die letzte Holzart aus und reichen bis 2000 F. unter der Schneegrenze. Früher als sie, hören sorbus aucuparia, welche in größern Höhen ohne Frucht ist, erica vulgaris, rubus arcticus sterilis, aconitum lycoctonum u. a. auf. Der Alpenlachs reicht bis in diese Region, und mit ihm hören die Fische auf. 4) Höher findet man an Wasserinnen und Bächen noch salix glauca und zerstreute Büsche von salix hatsata, die Moltebeere reift hier, und an sonnigen Orten wächst veronica alpina, viola biflora u. a. Dieses ist die Höhe der Schneekoppe 1400 F. unter der Schneegrenze. 5) Weiter reicht kein Busch, denn salix lanata wird am Wasser bloß eine Elle hoch, betula nana kriecht an der Erde, es reift die Rauschbeere (empetrum nigrum) in vorzüglicher Güte, und höher gehen die Lappen nicht mit ihren Zelten. Die Region reicht bis 800 F. unter der Schneegrenze. 6) Ueber derselben bleiben einzelne Schneeflecken beständig liegen, sonnige Stellen haben unter andern gentiana tenella und nivalis, campanula uniflora; schattige bringen pedicularis hirsuta und flammea. Sie reicht bis 100 F. unter der Schneegrenze. 7) Ganz bis an diese letztere reichen an einigen sonnigen Flecken saxifraga, ranunculus glacialis, juncus curvatus, silene acaulis. Dieser Region gleicht Spitzbergens Klima an der Seeküste unter 80° und Novaja Semlja. 8) Selbst über der Schneegrenze bis 500 F. wachsen in schneefreien Felsensprüngen einzelne Pflanzen von ranunculus glacialis. Noch höher wird der Schnee nur selten feucht, an Felsenwänden wachsen einige lichenes umbilicati u. a., und die Schneeammer ist das einzige lebende Geschöpf dieser Region bis 2000 F. über der Schneegrenze, womit zugleich alles Leben und alle Vegetation endet. Vergl. d. Art. Temperatur.

Es ist gewiß daß das Klima auf die körperliche Beschaffenheit der Menschen (wie der Thiere) einen bedeutenden Einfluß ausübt, und stammen alle Menschen von Einem ersten Menschenpaare ab, so kann die Unterschiedenheit der Raçen und Völkerstämme keine anderen als klimatische Ursachen haben. Auch die geistigen Eigenschaften der Men-

schen, namentlich was das Temperament, die Stimmung des Gemüthes betrifft, hangen mit dem Klima zusammen, doch würde es zu weit führen auf diese physischen und psychischen Unterschiedenheiten als Wirkungen des Klimas hier weiter einzugehen. So auch ist gewiß, daß gewisse Districte von gewissen Krankheiten vornehmlich heimgesucht sind, welche sich von da aus oft epidemisch weiter verbreiten. Hautausschläge sind heimisch in heißen Gegenden, der Weichselzopf in der großen Tartarei, Siebenbürgen, Ungarn, Polen; Kakerlaken, Kretins, Albinos kommen in den engen Bergschluchten, namentlich der Alpengebirge vor; das gelbe Fieber ist heimisch in heißen Gegenden, von wo es sich mit abnehmender Heftigkeit auch nordwärts verbreitet; Aegypten eigenthümlich sind Augenentzündungen und eine Krankheit, Demeljuja genannt, welche mit Augenentzündung und Kopfschmerz beginnt, und leicht in Raserei und Schlagfluß übergeht. Die Cholera endlich stammt aus Ostindien und hat sich von da bis zu uns her fortgepflanzt. Wir haben ähnlich wie die Cholera nach und nach mehre sonst nicht bei uns heimische Krankheiten bekommen, welche, wie es scheint, bei uns bleibend immermehr an ihrer ersten meist pestartigen Heftigkeit und Gefährlichkeit verlieren. So sollen die Menschenpocken aus dem Innern von Afrika, die Masern (572) aus Aethiopien über Arabien und Aegypten, die Siphilis nach der Entdeckung von Amerika von dorther zu uns geschleppt worden sein.

Knoten heißen die scheinbaren Durchschnittspunkte der Bahnen der verschiedenen sich bewegenden Himmelskörper. Denkt man sich die Bahnen der bewegten Himmelskörper als Ebenen im Weltraume, so schneiden sie sich unter einander, weil sie nicht parallel mit einander gehen, und die geraden Linien, in denen sie sich schneiden, heißen ihre Knotenlinien. Die Bahnen selbst der Himmelskörper z. B. zweier Planeten schneiden sich nicht wirklich, weil sie in ungleichen Entfernungen um die Sonne sich herumbewegen. Gewöhnlich bezieht man die Knotenlinien auf die Ekliptik und die Knoten sind hier diejenigen Punkte, in welchen die bewegten Weltkörper durch die Ebene der Erdbahn hindurchgehen. Der aufsteigende Knoten, dessen Zeichen ☊ ist, heißt dann der Durchgangspunkt, von dem ab der Weltkörper sich nördlich von der Ekliptik entfernt; der niedersteigende Knoten, dessen Zeichen ☋ ist, heißt dagegen der Durchschnittspunkt, von dem ab der Weltkörper auf die Südseite der Erdbahn übergeht. Auf der scheinbaren Himmelskugel, auf welcher die Planeten als in derselben Kugelfläche sich bewegend erscheinen, sind die Bahnen derselben größte Kreise und ihre Knoten erscheinen als die Durchschnittspunkte dieser größten Kreise der Kugel. Da die Lage der Ebenen, in welchen sich die Himmelskörper bewegen, nicht ganz unveränderlich ist, sondern sich wenn auch wenig und langsam ändert, so sind auch die Knotenlinien nicht unveränderlich. Am schnellsten geht die Verrückung der Knoten beim Monde vor sich, so daß die Knoten des Mondes im Laufe von 19 Jahren durch alle Zeichen des Thierkreises fortrücken. (S. d. Art. Mond.)

Kobalt, auch **Kobold**, ist ein schweres unedles Metall, welches erst seit 1733 bekannt ist, wo es **Brandt** als Metall darstellte. Schon früher benutzte man aber die Kobalterze zum Blaufärben und seit dem 15. Jahrhundert zur Bereitung der Smalte. Es kommt in Verbindung mit Schwefel, Arsenik und mehren Metallen vor, im Speißkobalt, im Kobaltglanz und in dem Kobaltkies, als arseniksaures und als schwefelsaures. Kobaltoxid, als unreines Kobalthyperoxid. Im reinen Zustande ist der Kobalt von röthlich weißgrauer Farbe, ziemlich hart und spröde, läßt sich jedoch etwas hämmern, ist schwer schmelzbar, feuerbeständig und magnetisch; der Magnetismus des Kobalt ist etwas schwächer als der des Eisens, bei sehr reinem Kobalt (nach **Wollaston**) etwa $\frac{2}{3}$ so stark als der des Eisens, bei nicht ganz reinem Kobalt nicht ganz die Hälfte (nach **Lampadius**); das spec. Gewicht des Kobalt ist 8. Das geschmolzene Metall verändert sich bei gewöhnlicher Temperatur im Wasser wie an der Luft nicht; in der Glühhitze jedoch oxydirt es. Auch durch wässrige Salzsäure und Schwefelsäure wird es oxydirt und aufgelöst. — Das **Kobaldoxyd** ist ein grünlich graues Pulver, welches mit Wasser ein bräunlich rothes Hydrat bildet und mit Säuren zu pfirsischblüthrothen und rothbraunen Salzen verbindet. Bei vollkommener Entwässerung werden diese zum Theil blau. Eine Lösung **salzsaures Kobaltoxyd** kann als **sympathetische Tinte** dienen. Schreibt man nämlich damit auf Papier, so verschwindet die Schrift, erscheint aber mit blauer Farbe, sobald man das Papier erwärmt und so die Feuchtigkeit austreibt. Nachher zieht die Schrift wieder Feuchtigkeit ein und verschwindet demnach wieder. Auch **salpetersaures Kobaltoxyd** kann man so benutzen, hier aber erscheint die Schrift bei starker Austrocknung braun. — In schmelzendem Borax und gewöhnlichem Glase löst sich das Kobaltoxyd mit dunkelblauer Farbe auf, die letztere Verbindung wird gepulvert und gibt die bekannte schöne blaue Farbe: **Smalte**. Das **Leidner Blau** ist eine Verbindung von Kobaldoxyd und Alaunerde. Das **Thenardsche Blau** wird durch Glühen von Alaunerdehydrat mit phosphorsaurem und arseniksaurem Kobaldoxyd erhalten.

Körper bezeichnet in der **Mathematik** eine räumliche Größe welche die drei Dimensionen des Raumes: Höhe, Breite, Länge hat, oder was dass., der Körper ist ein allseitig (durch Eine Fläche, oder Flächen und Linien, oder Flächen, Linien und Punkte) begrenzter Theil des Raumes. In der **Physik** gelten diese Bestimmungen des Körpers ebenfalls, es kommt zu denselben aber noch die wesentliche Bestimmung der **Schwere** hinzu. Sonst spricht man noch von allgemeinen und besonderen Eigenschaften der Körper, s. d. Art. **Eigenschaft**. Die Eintheilung der Körper geschieht in der Physik im Allgemeinen nach den verschiedenen Aggregationsformen (s. d. Art.) in feste, tropfbar flüssige und ausdehnbar flüssige Körper. Derselbe Stoff (vielleicht gilt dieses von allen Stoffen) kann in jeder der verschiedenen Körperformen vorkommen. Indem man die Körper nur in Bezug auf ihre Schwere betrachtet, nimmt man jeden Körper als bestehend aus einer gewissen

Quantität (bei allen Körpern an sich gleichartiger) Massentheilchen an und so ergibt sich aus dem (mathematisch bestimmten) Volumen eines Körpers der Begriff seiner Dichte, indem bei gleichem Volumen der schwere Körper als die größere Anzahl Massentheilchen enthaltend der dichtere, bei gleicher Schwere aber der das kleinere Volumen haltende der dichtere ist. (S. d. Art. Dichte.) Daß man auch die verschiedenen Stoffe in der Chemie Körper genannt hat, bringt eine Verwirrung hervor, indem derselbe Stoff, wie schon erwähnt, nach physikalischer Betrachtungsweise offenbar in drei verschiedenen Körperformen auftreten kann. Wasserdampf ist ein anderer Körper als Wasser und dieses ein anderer als Eis, und doch ist es in allen drei Fällen derselbe Stoff. Eine rein physikalische Eintheilung der Körper hat allein auf die Schwere Rücksicht zu nehmen.

Kohlenstoff ist einfacher nicht metallischer Stoff, welcher in der Natur sehr verbreitet ist, und rein als Diamant vorkommt. Auch im Graphit und Anthracit kommt er ziemlich rein, hier jedoch gewöhnlich mit etwas Eisen vermischt vor, mit Wasserstoff, Stickstoff, Eisen u. s. w. als Steinkohle, mit Sauerstoff als Kohlensäure u. s. w. Er macht ferner einen Hauptstoff aller organischen Stoffe aus und ist so als Thier- und Pflanzenkohle schon in den ältesten Zeiten bekannt gewesen. Der Diamant ist, wenn er rein, farblos durchsichtig, kommt jedoch auch braun, röthlich, gelblich, grün, blau und schwarz gefärbt vor, und ist in regelmäßigen Octaëdern und deren Abänderungen krystallisirt, hat ein specif. Gewicht = 3,5 und ist der härteste aller bekannten Körper. Er hat auch die stärkste lichtbrechende Kraft und ist ein Nichtleiter der Elektricität. Er ist verbrennlich, wie dieses innerhalb des Focus eines Brennspiegels zuerst Mitglieder der Florentiner Academie im Jahre 1694 dargethan haben. Lavoisier zeigte daß beim Verbrennen des Diamants im Sauerstoffgase sich Kohlensäure bilde. Der Graphit ist undurchsichtig, stahlgrau oder schwärzlich, metallisch glänzend, zum Theil in tafelartigen sechsseitigen Säulen krystallisirt, von blättrigem Gefüge, sehr weich, fettig anzufühlen und stark abfärbend. Er leitet die Elektricität und hat ein specif. Gewicht = 2,4. Der Anthracit und die durch Glühen organischer Substanzen erhaltene Kohle ist schwarz, öfters von metallischem Glanze und irisirend, theils dicht, theils porös, spröde und leicht zerbrechlich, theils in Form eines zarten Pulvers. Die Wärme leitet er schlecht, die Elektricität dagegen gut. Das specif. Gewicht ist ungefähr 2, nach Leslie aber hat die Kohle ein specif. Gewicht = 3,5 und darüber. Alle reinen Kohlenarten sind geruch- und geschmacklos und in verschlossenen Gefäßen völlig feuerfest. Die gewöhnlich weiche Kohle wird durch starkes Glühen fester und kann nach Davy durch starkes Weißglühen im Kreise der Volta'schen Säule sogar so gehärtet werden, daß sie Glas ritzt. Von dem Diamant und Graphit unterscheidet sie sich durch die Begierde mit der sie Wasser, Gase und verschiedene riechende Dämpfe absorbirt (s. d. Art. Absorption).

Bei gewöhnlicher Temperatur geht der Kohlenstoff mit dem Sauerstoffe der Luft keine Verbindung ein, Diamant, Graphit und Anthracit verbrennen (d. h. verbinden sich mit Sauerstoff) nur in starker Weißglühhitze, Pflanzenkohle dagegen (weniger Thierkohle) verbrennt schon in geringer Hitze.

Zu den weniger reinen Kohlenarten gehören: die Coaks, welche man durch Vertreibung aller flüchtigen Theile aus den gewöhnlichen Steinkohlen durch Hitze erhält, eine schwammige, eisenschwarze, fast metallisch glänzende Masse, welche in kleinen Stücken gar nicht brennt, in größeren Massen entzündet aber die größte Hitze gibt, die man im Großen hervorbringen kann. Die Holzkohle entsteht aus der Verkohlung vegetabilischer Stoffe, namentlich des Holzes. Die Verkohlung geschieht auf mehrfache Weise und besteht im Allgemeinen darin, daß alle flüchtigen Stoffe ausgetrieben werden, die Kohle bleibt dann in Gestalt des Holzes als eine schwarze höchst poröse Masse zurück, welche je nach der verschiedenen Härte des Holzes, aus dem sie genommen, verschiedene Schwere und Dichte zeigt. Wie die Dichte so verhält sich bei der Verbrennung die Wärme gebende Kraft der Kohle. Die thierische (animalische) Kohle zeigt selten die Gestalt der thierischen Theile, aus denen sie genommen, indem die thierischen Stoffe bei der Verkohlung zu schmelzen pflegen und dann die entweichenden Substanzen eine Art von Kochen bewirken, durch welches die Kohle blasig wird. Das Schmelzen vor der Verkohlung bewirkt auch häufig bei der thierischen Kohle einen ähnlichen metallischen Glanz wie bei den Coaks. — In den Gasbeleuchtungsapparaten, wo ein empyreumatisches pechartiges Oel aus dem aufsteigenden Leitungsrohre in die glühende Retorte zurücktropft, verkohlen sich (nach Berzelius) diese aufeinander fallenden Tropfen einer nach dem anderen, und es bildet sich daraus eine, nicht selten vegetationsartige Masse von reiner compacter Kohle, welche viel härter als Graphit ist, und sich durch vollkommnen Metallglanz auszeichnet. Am reinsten von fremden Einmischungen erhält man (nach Berzelius) schwarze Kohle, wenn man Kienruß oder Lampenruß in einem verschlossenen Gefäße weiß glüht. Auch erhält man sehr reine Kohle, wenn man Dämpfe von flüchtigen Oelen durch eine weißglühende Porzellanröhre hindurch treibt; die Oele zersetzen sich dabei und setzen in der Röhre viele Kohlen ab. Vegetabilische Substanzen überhaupt, die beim Verbrennen keine Asche hinterlassen, wie z. B. Zucker, geben bei der trockenen Destillation ebenfalls eine reine Kohle.

Zu den merkwürdigsten Eigenheiten der Kohle gehört die aufgelöste Materien aus Flüssigkeiten abzuscheiden, eine Eigenheit, welche mehre technische Anwendungen der Kohle begründet. Lowitz hat dieselbe zuerst bemerkt, und nachher sind von Bussy, Payen und Desfosses Untersuchungen über sie angestellt worden. Nur diejenige Kohle zeigt sie, welche von einem sehr porösen Gefüge ist, nicht aber die mehr massiven Kohlenarten, wie Graphit und die metallglänzende Kohle, welche letztere von solchen Materien erhalten wird, die vor der Verkohlung schmelzen. Im Allgemeinen stellt sich diese Eigenkeit der Kohle her durch Ausbrennen in verschlossenen Gefäßen. Holzkohle hat dieselbe in

bedeutendem Grade, aber in noch höherem wenn sie mit Stoffen zusammengebrannt wird, durch deren Einfluß sie eine feinere Vertheilung erleiden kann. Am wirksamsten zeigt sich die, welche von animalischen Materien, z. B. von getrocknetem Blute, von Haaren, Horn, Klauen u. a. erhalten wird, wenn man sie mit kohlensaurem Kali brennt, und dann mit Wasser auslaugt. Die Zertheilung der Kohle geschieht hierbei (nach Berzelius) dadurch, daß der in den thierischen Materien enthaltene Stickstoff sich mit einem Theile der Kohle verbindet, und in dieser Verbindung vom Kali gebunden wird, welches man in diesem Zustande Blutlauge, so wie die übrigbleibende Kohle Blutlaugenkohle nennt. Zwischen dieser Kohle und der Holzkohle mitten inne in Bezug auf die angegebene Wirksamkeit steht die Kohle, welche durch so lange fortgesetztes Brennen von Knochen in Destillationsgefäßen erhalten wird, bis alle flüssigen Theile ausgetrieben sind. Sie heißt Beinschwarz und die Kohle ist darin zwischen einer bedeutenden Menge phosphorsauren Kalks zertheilt. Zieht man diesen durch Salzsäure aus, so verliert die Kohle etwas an Wirksamkeit. Vegetabilische Substanzen geben eine wirksamere Kohle, wenn sie vor der Verkohlung fein zertheilt und mit Pulver von Bimstein, Kreide, Feuerstein, gebrannten Knochen u. dgl. wohl vermengt werden. Verschiedene Arten von Lignit oder Braunkohle (fossiles verkohltes Holz) in verschlossenen Gefäßen wohl verkohlt, geben eine wirksamere Kohle als Holzkohle und man hat gefunden, daß 100 Th. mit Wasser zu einem Brei angerührten Thones, in welchen man 20 Th. Theer und 500 Th. fein gepulverter Steinkohle einarbeitet, und welche Masse man hierauf trocknet und in einem verschlossenen Gefäße verkohlt, eine Kohle gibt, die beinahe eben so wirksam ist als Beinschwarz.

Auf der erwähnten Eigenschaft der Kohle beruht ihre Anwendung zu Filtrirapparaten. Dumont hat einen solchen für Zuckerraffinerien angegeben, und im Art. Filtriren ist ein Filtrirapparat mit Kohle für Wasser beschrieben. Es ist übrigens noch nicht genau untersucht, welche Substanzen aus der Auflösung in Wasser durch die Kohle abgeschieden werden und welche nicht. Anfangs glaubte man die Wirksamkeit der Kohle erstrecke sich nur auf Verbindungen organischen Ursprunges, namentlich auf Riech- und Farbestoffe, wie Fernambuck, Cochenille, Lackmus, Indigo (in Schwefelsäure gelöst), die rothe Farbe des Weins, die braune Farbe, welche die Auflösungen von Salpeter, Zucker und Bernsteinsäure färbt, stinkende Effluvien (Ausflüsse) gefaulter Körper, brenzliche Oele, Fuselöl (im Fruchtbranndtwein), verschiedene flüssige Pflanzenöle. Graham hat jedoch gezeigt, daß sich die Wirksamkeit der Kohle auch auf unorganische Stoffe zeigt. So wurden die Kalkerde aus Kalkwasser, Jod aus einer Auflösung in Jodkalium, neutrales salpetersaures Bleioxyd, und alle von Graham versuchten Metalloxydsalze, entweder in Wasser oder in Wasser und Ammoniak aufgelöst, von der Kohle vollständig von der Flüssigkeit abgeschieden. Die Kohlen schlagen zuweilen aus Wasser einen Stoff nieder, den sie aus einer alkalischen oder sauren Flüssigkeit nicht niederschlagen. Wird dann dem Wasser Säure oder Alkali beigemischt, so wird das Niedergeschlagene

aus der Kohle wieder aufgelöst. Wird eine Auflösung von Indigo in Schwefelsäure mit Kalk neutralisirt und filtrirt und die blaue Flüssigkeit dann mit Kohle vermengt, so verliert sie ihre Farbe. Trennt man hierauf die Kohle von der farblosen Flüssigkeit und gießt eine Auflösung von Alkali auf sie, so wird die Farbe wieder ausgezogen und die Flüssigkeit wird blau. Sättigt man hierauf das Alkali genau mit einer Säure, so wird die Flüssigkeit wieder farblos, die Farbe von der Kohle wieder aufgenommen. — Durch den Gebrauch verliert die Kohle ihre Wirksamkeit und erlangt auch durch Brennen dieselbe nicht wieder, indem die von ihr aufgenommene Materie beim Verkohlen in metallglänzende Kohle verwandelt wird. Mengt man sie aber vorher mit fremden unorganischen Materien, vorzüglich mit Pottasche und laugt nachher die Pottasche aus, so bekommt die Kohle aufs neue ihre Wirksamkeit.

Im Großen bedient man sich der Kohle zur Entfärbung der Zuckerauflösungen bei der Zuckerraffination und bei der Brandtweinbrennerei zur Wegschaffung des Fuselöles. Da das Wasser mit Kohle aufbewahrt nicht fault, so hat man auf den Schiffen, wo das süße Wasser oft lange aufbewahrt werden muß, dasselbe in Fäßer gefüllt, welche inwendig gut verkohlt worden. Bei dieser nach Berthollets Entdeckung gemachter Einrichtung scheint die Kohle nicht sowohl faulendes Wasser zu reinigen, als vielmehr den Anfang der Fäulniß zu verhindern. Diese, die Fäulniß verhindernde Eigenschaft der Kohle, hat man ferner benutzt das Fleisch vor Fäulniß zu bewahren. So hat man z. B. Fleisch zwischen dicke Schichten von Kohlenpulver in luftdichten Gefäßen eingepackt und dann mehre Monate lang bei 10° Wärme stehen lassen. Das Fleisch fand sich noch völlig frisch und ging erst, nachdem es nach dem Herausnehmen mehre Tage an der Luft gelegen, allmählig in Fäulniß über.

Ueber die Eigenschaft der Holzkohle in ihre Poren Gase aufzunehmen und bis zu einem gewissen Grade zu condensiren, ist im Art. Absorption schon die Rede gewesen. Die von der Kohle eingesogenen Gasarten können durch Hitze wieder aus derselben herausgetrieben werden, und man findet sie durch ihren Aufenthalt in der Kohlenmasse nicht im geringsten verändert. Die Kohle ist sehr begierig Wasserdampf aus der Luft und atmosphärische Luft selbst einzusaugen und in sich zu condensiren; so kommt es, daß Kohle welche an der Luft liegt, 10 bis 20 pCt. an Gewicht zunimmt. Wird Kohle unmittelbar nach dem Glühen pulverisirt, noch ehe sie sich also mit Wasserdampf und Luft gesättigt hat, und geht die Absorption folglich im pulverigen Zustande der Kohle vor sich, so erhitzt sich das Kohlenpulver in Folge der Absorption zuweilen so stark, daß Feuer darin ausbricht. Dieß hat man zuweilen schon auf den Pulverfabriken bei größeren Massen von 80 bis 100 Pfd., nach 6 bis 10stündiger Aufbewahrung zu beobachten Gelegenheit gehabt. Läßt man die Kohle vor dem Pulvern einige Tage an der Luft liegen, so daß sie ihre Absorption vollenden kann, so findet nachher eine Selbstentzündung des Kohlenpulvers, welche sehr gefährlich werden kann, niemals statt.

Die Entzündlichkeit der Kohle ist nach der Temperatur, bei welcher die Verkohlung statt fand, sehr verschieden, sie ist desto größer je geringer die Hitze war, bei welcher die Verkohlung geschah. Fein zertheilte und mit andern weniger brennbaren Körpern vermengte Kohle ist nach Wöhler viel brennbarer als im ungemengten Zustande, und läßt sich bei Temperaturen entzünden, die weit unter der Glühhitze liegen.

Die zwei bekannten Orydationsstufen des Kohlenstoffes sind beide gasförmig. Das Kohlenoxydgas oder kohligsaure Gas wurde 1799 von Priestley und Woodhous entdeckt, und ist ein farblos durchsichtiges Gas von 0,9722 specif. Gewicht (gegen atmosphärische Luft = 1), ohne Geschmack und von schwachem eigenthümlichem Geruche, brennbar, und unterhält nicht das Verbrennen anderer Körper in ihm, ist daher auch unathembar, so daß Thiere alsbald in ihm ersticken. Auch noch mit viel atmosphärischer Luft eingeathmet, ist es leicht tödlich. Da es beim unvollkommnen Verbrennen der Kohle entsteht, so geht hieraus hervor, wie gefährlich das langsame Verglimmen der Kohlen in eingeschlossenen Räumen sei. — Die Kohlensäure (Luftsäure, fixe Luft, Kreidesäure, künstliche Luft, Mineral- oder wilder Geist, Mostgas) ist 1776 von Lavoisier nach ihrer Zusammensetzung erkannt worden. Sie macht einen Bestandtheil der atmosphärischen Luft aus (s. d. Art. Atmosphäre), und sammelt sich namentlich oft in tiefen Orten in Kellern, Gruben u. dgl. Im Wasser kommt sie in mehren Mineralwässern vor, und in Verbindung mit Basen, namentlich mit Kalk, als Kreide, Marmor u. s. w. bildet sie ausgedehnte Gebirgslager. Auch in mehren mussirenden organischen Flüssigkeiten, als Bier und Wein kommt sie vor. Die Pflanzen sollen bei Nacht Kohlensäure entwickeln und auch beim Athmen der Thiere wird Kohlensäure entwickelt. Die Kohlensäure ist ein farbloses Gas von 1,5277 specif. Gewicht (gegen atmosphärische Luft = 1). Ein Kub.Z. wiegt ungefähr ½ Gran und sie ist daher schwerer als atmosphärische Luft, 1,375 mal so schwer als Sauerstoffgas und 542 mal leichter als Wasser. Nach Faraday läßt sie sich durch starken Druck und Erkältung in tropfbar flüssiger Form darstellen, und gibt dann eine wasserhelle sehr flüssige Flüssigkeit. (S. d. Art. Gas.) Das Gas hat einen stechenden Geruch und ist weder brennbar noch unterhält es das Brennen, so daß ein Licht augenblicklich darin erlöscht. Daher ist es auch unathembar und den Thieren tödlich. Hieraus sieht man die Vorsicht mit welcher man Orten wo sich Kohlensäure bildet (Wein und Bierkellern), nahen muß. Stark mit atmosphärischer Luft verdünnt ist die Kohlensäure beim Athmen nicht schädlich, sondern soll Lungenschwindsüchtigen sogar heilsam sein. Das Wasser absorbirt die Kohlensäure, und zwar nimmt es bei gewöhnlichem Luftdrucke und gewöhnlicher Temperatur, ein dem seinen gleiches, bei verstärktem Drucke ein 2 bis 3faches Volumen derselben auf, und man erhält auf diese Weise kohlensaures Wasser, welches ähnlich wie das Gas riecht und einen angenehmen erquickenden Geschmack hat. Man benutzt es als erfrischendes Getränk und zu Bädern. — Mit verschiedenen Basen gibt die Kohlensaure kohlensaure Salze.

Mit dem Wasserstoffe geht der Kohlenstoff mehre, theils feste, theils tropfbarflüssige, theils gasförmige Verbindungen ein. Halbkohlenwasserstoff (Kohlenwasserstoffgas im Maximum, schwere brennbare Luft, Sumpfluft, feuriger Schwaden) findet sich in Sümpfen und Kohlenbergwerken und ist ein farbloses Gas von schwachem, eigenthümlich widerlichem Geruche, geschmacklos und 0,5555 specif. Gewicht (gegen Luft = 1). Es unterhält das Verbrennen nicht, verbrennt aber selbst mit sehr heller gelblicher Farbe und explodirt mit Sauerstoffgas. Der Einfach Kohlenwasserstoff kommt vor: 1) als ölerzeugendes Gas (ölbildendes Gas, Kohlenwasserstoff im Minimum), ein farbloses Gas von 0,9722 specif. Gewicht (gegen atmosphärische Luft = 1) von starkem unangenehmem Geruch, ist unathembar und tödlich. Es ist sehr verbrennlich, brennt mit einer sehr hell leuchtenden blaßgelben Farbe (noch heller als das vorige Gas), und mit 3 Volumen Sauerstoffgas gemengt und entzündet verpufft es mit einer heftigen Explosion. 2) als dampfförmiger Kohlenwasserstoff, welches Faraday aus dem durch einen Druck von 30 Atmosphären zu einer tropfbaren Flüssigkeit condensirten Oelgase erhielt. Von dem ölbildenden Gase unterschied es sich namentlich dadurch, daß es nur die Hälfte des Raumes desselben einnahm. 3) als Paraffin, welches Reichenbach entdeckt hat und das in zarten Nadeln und Blättchen von schneeweißer Farbe krystallisirt. Zusammengeschmolzen bildet es nach dem Erkalten eine weiße durchscheinende in dünnen Lagen glasartig durchsichtige Masse von krystallinisch blättrigem Gefüge und schwachem Perlemutterglanze, ähnlich dem Wallrathe, ist weich und leicht zerbrechlich, macht auf Papier keine Fettflecke, ist geruch- und geschmacklos, und hat ein specif. Gewicht von 0,870. Es brennt mittelst eines Dochtes mit glänzender nicht russender Flamme ohne Rückstand. Es ist mit den beiden vorigen Stoffen ganz von derselben chemischen Zusammensetzung, und dennoch sind die äußern Eigenschaften dieser Stoffe sehr verschieden, auch unter denselben Temperaturgraden.

Noch sind als Verbindungen des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes zu nennen das Naphtalin und das Eupion. Jenes, auch Steinkohlenkampher genannt hat Garden entdeckt. Es krystallisirt in Blättchen oder in rhombischen Tafeln von weißer Farbe, ist durchscheinend, stark glas- und perlemutterglänzend, zart aber nicht fettig anzufühlen, weich, zerbrechlich, mit starkem, eigenthümlichem den Kienruß ähnlichem Geruch, stechend aromatischem, widerlichem Geschmack, und hat ein specif. Gewicht = 1,048. Es ist flüchtig, so daß es schon bei gewöhnlicher Temperatur verdampft, brennt mit sehr heller russender Flamme. Das Eupion (v. d. griech. εὖ gut, rein und πίον Fett,) hat Reichenbach entdeckt; es ist bei gewöhnlicher Temperatur eine tropfbare farblose, geruch- und geschmacklose Flüssigkeit von 0,740 specif. Gewicht, welche bei — 16° R. noch nicht gefriert. Es kocht bei 135° R., ist flüchtig und verdampft langsam bei gewöhnlicher Temperatur ohne Rückstand. Auf Papier macht es einen Fettfleck, der aber nach einiger Zeit

verschwindet, und verbrennt mittelst eines Dochtes, oder bis zum Kochen erhitzt mit glänzender nicht rußender Flamme.

Das Kohlenwasserstoff hat in Folge der hellen Flamme, mit welcher es verbrennt, in neuerer Zeit eine großartige und höchst erfolgreiche Anwendung in der Gasbeleuchtung gefunden. Man gewinnt das als Brennmaterial zu verbrauchende Gas vorzugsweise aus Steinkohlen, indem man dieselben in eigenen gußeisenen Cylindern bis zum Rothglühen erhitzt. Das sich entwickelnde Gas wird, nachdem es den zugleich erzeugten Theer abgesetzt hat, durch ein Gemenge von Kalk und Wasser geleitet, um es von Schwefelwasserstoffgas und Kohlensäuregas zu befreien. Das noch übrigbleibende Gas ist ein Gemenge der beiden oben zuerst erwähnten Kohlenwasserstoffarten mit etwas Kohlenoxydgas. Die Menge des darin enthaltenen ölbildenden Gases bedingt den Grad der Leuchtkraft dieses Gasgemenges. Man sammelt dasselbe in großen Gasbehältern aus Eisenblech über Wasser, so daß es durch dieses abgesperrt (vor dem Entweichen gesichert) wird. Aus den Behältern wird das Gas dann durch einen ganz gelinden Druck von ungefähr ¾ Zoll Wasserhöhe in luftdichten Röhren bis zu denjenigen Orten geleitet, an welchen es leuchten soll. Hier sind verschließbare Mündungen angebracht, aus denen das Gas nach Oeffnung eines Hahnes herausströmt, und entzündet wird. Lebon war der erste, welcher einen Apparat unter dem Namen Thermolampe angab, bei dem im Großen die bei der Destillation organischer Stoffe sich entwickelnden Gasarten in Anwendung gebracht wurden. Lebon entwickelte die Gasarten aus Holz, statt dessen Murdoch zuerst Steinkohlen nahm, welche mehr leuchtendes Gas und bei der Destillation weniger übelriechende Nebenproducte geben. Taylor hat hernach einen Apparat angegeben, bei dem schlechtes, zum Brennen in Lampen untaugliches Oel, (welches, wie Talg und Harz, mehr ölbildendes Gas liefert, als andere Stoffe), tropfenweise in ein schwach glühendes Rohr von Gußeisen fließt und in diesem zerlegt wird. Aus dem Rohre wird dann das Gas in einen Behälter geleitet und aus diesem, ähnlich wie das Steinkohlengas, bis zum Orte der Verbrennung fortgeleitet. Statt des schlechten Brennöls hat Schwartz in Schweden den Gebrauch von Pechöl eingeführt. Dieses ist ein brenzliches Oel, welches man beim Einkochen des Theers zu Pech erhält, und das vorher fast gar nicht gebraucht wurde. Dasselbe gibt fast eben so viel Licht wie fette Oele und ist bei weitem wohlfeiler. Auch des Theers selbst hat man mit Vortheil sich zu bedienen begonnen. Was die Steinkohlen betrifft, so hat Henry dargethan, daß die verschiedenen Steinkohlenarten auch verschiedene Mengen ölbildendes Gas geben, wonach sich dann ihre Anwendbarkeit zur Gasbeleuchtung bestimmt. So gibt z. B. die englische Cannelkohle ⅓ mehr Licht als die gewöhnliche Steinkohle. Im Anfange der Arbeit erhält man ein größeres Verhältniß von ölbildendem Gase, als gegen das Ende, weil das Gas bei höherer Temperatur seinen Kohlenstoff bis zu einem gewissen Grade verliert. Die Menge des ölbildenden Gases macht bei der Cannelkohle anfangs 16 pCt. von dem Volumen des Gases aus, zuletzt aber 6 bis 4 pCt. Die gewöhnliche Steinkohle gibt anfangs

10 pCt., nachher nur noch 2 pCt. und zuletzt gar kein ölbildendes Gas mehr. Bei der Anwendung des Oeles zur Gasbereitung scheint es ganz in der Macht des Arbeitenden zu stehen, durch Anwendung eines heftigeren oder geringeren Hitzegrades die größte Menge ölbildenden Gases hervorzubringen. Glüht die Eisenröhre, in welcher das Oel zersetzt wird, nur dunkelroth, so wird nur wenig Gas gebildet, aber sehr viel brenzliches Oel; ist dieselbe aber weißglühend, so wird meist nur das erste Kohlenwasserstoffgas gebildet. Bei einer gleichförmigen Rothglühhitze gibt das Oel das meiste leuchtende Kohlenwasserstoffgas, welches dann $\frac{1}{3}$ vom Volumen der entwickelten Gase beträgt. Man rechnet im Allgemeinen nur $\frac{1}{4}$ ölbildendes Gas im von Oel gewonnenen Gase. Eben so ist das Verhältniß in dem aus Pechöl gewonnenen Gase, und nach Schwarz bleibt das Gas stets von derselben Beschaffenheit, bei welcher Temperatur auch die Zersetzung des Oeles stattfindet.

Mit Stickstoff verbunden kommt der Kohlenstoff in der thierischen Kohle (schwarzgebranntes Elfenbein, Beinschwarz, Blutkohle) vor, von welcher schon oben die Rede war. Das Cyan (Cyanogen, Blaustoff, das Radical der Blausäure) wurde 1815 von Gay Lussac entdeckt und ist ein farbloses Gas von 1,8055 specif. Gewicht (gegen atmosphärische Luft = 1), welches jedoch durch heftigen Druck und Kälte als tropfbare Flüssigkeit (von 0,9 specif. Gewicht) und sogar als fester Körper dargestellt werden kann. Es hat einen der Blausäure etwas ähnlichen, stechenden Geruch, ist unathembar und von giftiger Wirkung. An der Luft verbrennt es wie mit karmoisinrother Farbe und mit Sauerstoffgas vermengt, verpufft es heftig. Das Wasser absorbirt von diesem Gase bei gewöhnlicher Temperatur ungefähr 4 Volumen und nimmt dabei den Geruch des Gases und einen eigenthümlichen stechenden Geschmack an. Die Cyansäure, (aus Cyan und Sauerstoff bestehend), von Wöhler entdeckt, ist ein gasförmiger Körper von stechendsaurem Geruche und verbindet sich mit Wasser zu wässeriger Säure, von der ein Tropfen auf der Haut sogleich eine weiße Blase erregt. Die Cyanursäure oder brenzliche Harnsäure, von Scheele entdeckt, ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, weiß, in durchsichtigen glänzenden Rhomben krystallisirt, geruchlos und beinahe geschmacklos, schwerer als Wasser. Sie besteht aus Cyan, Sauerstoff und Wasserstoff. Die Knallsäure ist für sich noch nicht hergestellt worden. Man weiß jedoch, daß sie ganz dieselben Bestandtheile wie die Cyansäure hat, doch sind ihre Salze von den entsprechenden der Cyansäure wesentlich verschieden, indem sie durch die geringste Veranlassung (Druck, Stoß, Reiben, Erhitzung, Berührung mit Vitriolöl, durch die geringste elektrische Spannung) mit der heftigsten Explosion verpuffen, welches bei den ganz gleich zusammengesetzten cyansauren Salzen nicht der Fall ist. Die Kohlenstickstoffsäure, von Liebig entdeckt, besteht aus Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff und ist im reinen Zustande in sehr schönen glänzenden gelben Blättern oder rhombischen Säulen krystallisirt, schmeckt bitter, ist in der Hitze ohne Zersetzung flüssig und brennt angezündet mit heller russender Farbe. Die meist gelben Salze, welche sie mit Basen bilden, verpuffen beim

Erhitzen, zum Theil auch durch Schlag. Die Indigsäure, von Buff entdeckt, hat ihren Namen von der Gewinnung aus Indig, besteht ebenfalls aus Stickstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff, kristallisirt in schneeweißen Nadeln, hat einen säuerlichen und bittern Geschmack, ist in der Hitze flüssig und brennbar, und gibt verbrennliche aber nicht verpuffende Salze. Die Blausäure, (Hydrocyansäure, Cyanwasserstoffsäure, Berlinerblausäure, preußische Säure, thierische Säure) ist das färbende Princip des von Diesbach 1702 zufällig entdeckten Berlinerblau's und wurde zuerst von Scheele 1782 als wässrige Blausäure und 1815 von Gay Lussac im wasserfreien Zustande dargestellt. Sie besteht aus Kohlenstoff, Stickstoff und Wasserstoff. Dieselbe findet sich im Pflanzenreiche in allen Pflanzentheilen, welche einen den bittern Mandeln ähnlichen Geruch haben. Die reine Blausäure ist bei gewöhnlicher Temperatur eine wasserhelle, tropfbare Flüssigkeit von 0,705 specif. Gewicht, welche bei — 12° R. zu einer krystallinischen faserigen Masse erstarrt. Nach Schulz soll aber die ganz wasserleere Blausäure bei — 39° R. noch nicht erstarren. Sie siedet bei + 21° R. Bei der Verflüchtigung erregt sie einen hohen Kältegrad, so daß ein Tropfen auf Papier gebracht, durch diese Verdunstungskälte erstarrt. Ihr Geruch ist höchst eigenthümlich, durchdringend, ähnlich dem Geruche bitterer Mandeln, und erregt Husten, ihr Geschmack ist anfangs kühlend, dann stechend scharf und bitterlich. Sie ist das stärkste, schnell tödtende Gift, und schon die Ausdünstung ist gefährlich. Die Blausäure tödtet sowohl nach dem Genuß als auch unmittelbar ins Blut gebracht. Ein starker Hund, dem man einen Tropfen reiner Blausäure in den Schlund bringt, ist nach zwei bis drei großen und schnellen Athemzügen todt. Bringt man einen Tropfen Blausäure mit Alkohol verdünnt in die Drosselvene, so fällt das Thier augenblicklich wie vom Blitz getroffen todt hin. Die wasserleere Blausäure zersetzt sich sehr leicht. Der Dampf der Blausäure mit Sauerstoffgas gemengt, explodirt heftig durch den elektrischen Funken; an der Luft brennt die Blausäure mit blaurother Farbe. In starker Verdünnung und mit großer Vorsicht wird die Blausäure in der Medicin angewendet. Mit dem Wasser verbindet sich die Blausäure leicht und in jedem Verhältnisse. — Das einfache kohlensaure Ammoniak (trocknes flüchtiges Laugensalz) krystallisirt in rhombischen Oktaëdern mit abgestumpften Endspitzen und wird durch Sublimation in weißen, etwas durchscheinenden Rinden von fasrigem Gefüge erhalten, hat stark ammoniakalischen Geruch, reagirt und schmeckt alkalisch und ist schon in gewöhnlicher Temperatur flüssig. Es besteht aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak.

Weitere Verbindungen, die der Kohlenstoff eingeht, sind mehre Verbindungen mit Chlor, welche sich indeß nicht durch unmittelbare Berührung des Chlors mit dem Kohlenstoffe bilden. Wenn man eine erhitzte, jedoch nicht glühende Kohle in Chlorgas bringt, welches über Wasser aufgesammelt und daher feucht ist, so entzündet sich die Kohle und es wird Kohlensäure und Chlorwasserstoffsäuregas gebildet. Diese Entzündung erfolgt auch bei der stärksten Erhitzung nicht in trocknem

Chlorgase. Eine Verbindung von Kohlenstoff, Chlor und Stickstoff ist das von Liebig entdeckte Chloral, eine wasserhelle fettig anzufühlende Flüssigkeit, von durchdringendem thränenerregendem Geruche. Der Chloral ist in warmem Wasser leicht löslich, bringt man jedoch nur wenig Wasser mit demselben zusammen, so erstarrt das Ganze unter Erhitzung zu einer krystallinischen Masse. Gleiche Wirkung hat feuchte Luft. Das Product ist Chloralhydrat. — Bringt man gleiche Volumina Chlor und Kohlenoxydgas zusammen und setzt das Gemenge dem Sonnenlichte aus, so vermindern sich die beiden Gasarten um die Hälfte ihres Volumens und geben ein farbloses unangenehm thränenerregend riechendes Gas, dessen specif. Gewicht = 3,413 ist, das Phosgengas oder Chlor-Kohlenoxydgas oder Säure, welches John Davy entdeckt hat. — Gleiche Volumina ölerzeugendes Gas und Chlorgas geben das Oel des ölbildenden Gases, welches gereinigt eine wasserhelle Flüssigkeit von 1,247 specif. Gewicht ist, die angenehm süß aromatisch riecht und schmeckt. Es ist leicht entzündlich und brennt mit gelblich weißer unten grün gesaumter Flamme. Minder wichtig sind die Verbindungen des Cyan mit Chlor, des Kohlenstoffs mit Brom und Jod.

Kohlenstoff und Schwefel sind im Schwefelkohlenstoff oder Schwefelalkohol verbunden, welchen Lampadius 1796 entdeckte. Es ist eine wasserhelle, tropfbare, dünne und sehr flüchtige Flüssigkeit von 1,272 specif. Gewichte. Beim Verflüchtigen erregt es starke Kälte. Es hat einen sehr übeln Geruch und scharfen Geschmack, starke lichtbrechende Kraft, ist im Wasser nicht, dagegen leicht in Alkohol, Aether und Oelen löslich und sehr brennbar. — Die sehr giftige Schwefelblausäure ist bei gewöhnlicher Temperatur und im wasserleeren Zustande eine ölige Flüssigkeit. Die wasserhaltende ist eine farblose Flüssigkeit, welche im concentrirtesten Zustande 1,022 specif. Gewicht hat. Sie hat einen stechend sauren Geruch und Geschmack.

Koluren (v. d. griech. κόλουρος stutzschwänzig), heißen zwei Kreise welche durch die Pole der Himmelskugel gehen, und von denen außerdem der eine, der Kolur der Nachtgleichen durch die beiden Nachtgleichenpunkte, der andere der Kolur der Sonnenwenden durch die beiden Sonnenwendepunkte geht. Ihren Namen sollen die Koluren von dem Umstande erhalten haben, daß man niemals ihr dem unteren Pole zugekehrtes Ende sehen kann.

Kometen (v. d. griechischen κόμη Haar), Haarsterne, Schwanzsterne, Schweifsterne, heißen diejenigen sich bewegenden Sterne, welche von den Planeten sowohl als von den Fixsternen durch eine neblige Umhüllung, gewöhnlich auch durch einen von der Sonne abgekehrten feurigen Schweif sich unterscheiden. Sie sind durch die Ungewöhnlichkeit ihrer Erscheinung und durch den imposanten Anblick, den sie beim Näherkommen darbieten beängstigend für den Unkundigen und mußten daher in Zeiten, in denen man sie für Meteore hielt, weil man keine Ahnung hatte, daß auch sie regelmäßige Bahnen

beschrieben, alle also unerwartet erschienen, und wo man noch jede ungewöhnliche schreckhafte Erscheinung am Himmel für drohende Zeichen der zürnenden Gottheit hielt, der Gegenstand des Aberglaubens sein, welcher aus ihnen Pest, Krieg, Ueberschwemmungen u. dgl. weissagte.

Wenn ein Komet erscheint, so ist er anfangs so klein, daß er nur durch Fernröhre wahrgenommen werden kann, bald aber nimmt seine Größe und die Geschwindigkeit, mit der er näher kommt, zu, erreicht endlich die größte Höhe, nimmt dann wieder immer mehr ab, bis endlich auch die schärfsten Fernröhre den Kometen nicht mehr entdecken lassen. Die Kometen sind höchstens 6 bis 7 Monate dem unbewaffneten Auge sichtbar, aber durch Fernröhre können sie zuweilen 15 bis 18 Monate lang beobachtet werden. Sie nähern sich im Laufe dieser Zeit gewöhnlich den Sonnenstrahlen so sehr, daß sie am Himmel verschwinden, mit der Sonne zugleich am Himmel stehen, aber zuweilen mit bewaffnetem Auge am Tage wahrgenommen werden können.

Die Bewegung der Kometen unter den Fixsternen erscheint sehr unregelmäßig; sie haben mit den übrigen Sternen nur die tägliche scheinbare (durch die Umwälzung der Erde verursachte) Bewegung von Osten nach Westen gemein. Die Bahnen der Planeten liegen mit Ausnahme der Pallas, Juno und Ceres, alle innerhalb des Thierkreises und weichen folglich nur wenig von der Ekliptik ab, und sämmtliche Planeten bewegen sich von Westen nach Osten; die Bahnen der Kometen dagegen erstrecken sich nach allen Richtungen durch den Weltraum, einige durchschneiden die Ekliptik senkrecht,*) und einige Kometen bewegen sich von Osten nach Westen.**)

Stets erscheinen die Kometen in vollem Lichte, auch dann wenn sie uns ihre von der Sonne abgekehrte Seite zuwenden, woraus zu folgen scheint, daß sie selbstleuchtende, nicht von der Sonne lichtempfangende Körper sind. Man hat indeß die der Sonne zugekehrte Seite gewöhnlich etwas leuchtender gefunden. Die Farbe und die Stärke ihres Lichtes ist sehr verschieden, bald gelblich, bald weißlich, bald röthlich. Innerhalb der Dunsthülle kann man bei den meisten Kometen einen mehr oder weniger scharf abgegrenzten runden Körper, den Kopf oder Kern des Kometen erblicken. Einige Kometen sollen an Größe dem Monde und der Sonne gleich gekommen sein. Das Licht der Kometen ist aber minder lebhaft als das der Planeten. Der Schweif des Kometen breitet sich vom Kopfe an aus und wird gegen das Ende zu matter und neblicher, erstreckt sich aber oft durch ganze Sternbilder, ja in einzelnen Fällen über das halbe Himmelsgewölbe.

Unter den Kometen, von welchen genauere Nachrichten uns geliefert worden, haben sich die von 1456, 1472, 1577, 1618, 1664, 1665, 1680, 1744, 1769, 1811 durch große und glänzende Schweife

---

*) Die Ebene, in welcher sich der Komet von 1815 bewegte, schnitt z. B. die Ekliptik unter einem Winkel von 44° 50′.

**) So bewegte sich z. B. der Komet von 1759 von Osten nach Westen.

ausgezeichnet. Der Komet von 1825 hatte einen ziemlich langen aber nur mattglänzenden Schweif.

Zuerst haben Borelli 1665 und Dörfel (Prediger in Plauen im Voigtlande) 1681, der letztere ohne Borelli's Ausspruch zu kennen, die Kometen als Weltkörper erkannt, welche sich in regelmäßigen Bahnen, also ähnlich den Planeten, um die Sonne bewegen. Borelli hatte den Kometen von 1664 und Dörfel den von 1680 beobachtet. Dörfel sagte, die Bahnen der Kometen seinen Parabeln, in deren Brennpunkte die Sonne stehe. Seine Berechnungen haben nur den Mangel, daß er das System Tycho de Brahe's als richtig voraussetzt. Die Parabel ist eine krumme Linie wie Fig. 95. sie vorstellt. S ist der Brennpunkt, ASB die Axe, AC und AD sind die Arme der Parabel. Da, wie schon die Figur zeigt, die nach demselben Gesetze fortlaufenden Arme AC und AB, wie weit man sie auch fortführen mag, sich von AB und von einander immer weiter entfernen, so würde, wäre die Bahn eines Kometen eine wirkliche Parabel, derselbe nur Einmal in aller Zeit in die Nähe der Sonne bei S kommen, und dann ins Unendliche, ohne jemals wiederzukehren fortlaufen. Dieß ist aber nicht der Fall, genauere Beobachtungen und Berechnungen haben gezeigt, daß die Kometen wenigstens zum Theil wiederkehren, wenn auch mitunter erst nach einer längern Reihe von Jahren. Ihre Bahnen sind folglich nicht Parabeln, sondern, wie die Planetenbahnen Ellipsen, wie Fig. 96., aber diese Ellipsen sind so lang gedehnt, und die Kometen erscheinen uns immer nur in der Nähe des einen Brennpunktes ihrer elliptischen Bahn, daß sie so angesehen werden, als ob sie den kleinen uns sichtbaren Theil ihrer Bahn in einer Parabel durchliefen, und daß wir folglich der Berechnung der wahren Bahn der Kometen wenigstens nahe kommen, wenn wir diese Bahn als eine Parabel betrachten, in deren Brennpunkte die Sonne steht.

Durch die von Newton entdeckten Gesetze der allgemeinen Anziehung ist Dörfels Behauptung, daß die Kometen von der Sonne angezogen und in ihren Bahnen erhalten werden, außer Zweifel gesetzt worden. Auch für die Kometen gilt wie für die Planeten, daß die Attractionskraft (die Kraft, mit welcher sie von der Sonne angezogen werden) in größeren Entfernungen abnimmt, und zwar dem Quadrate der Entfernungen umgekehrt proportional sei. Hieraus folgt, daß die Bahn jedes von der Sonne abhängigen bewegten Weltkörpers einer der drei Kegelschnitte: Ellipse, Parabel oder Hyperbel sei, und zwar, da von diesen nur die Ellipse eine reine in sich zurücklaufende Linie ist, jeder in die Nähe der Sonne (welche allemal im Brennpunkte steht) zurückkehrende Weltkörper eine Ellipse beschreibe.

Stellen wir uns vor, daß in der Fig. 97. bei A die Sonne sich befinde, und daß man einen Kometen auf dem Theile seiner Bahn DD' zu beobachten vermöge, während derselbe auf seiner Bahn über D und D' hinaus wegen zu großer Entfernung nicht mehr sichtbar wäre, so ist klar, daß derselbe (wenn er eine Bahn um die Sonne beschreibt) in einer der vielen möglichen Ellipsen sich bewegen müsse, welche so gezogen werden können, daß ihr einer Brennpunkt in A und ihr nächster

Punkt an A in B fällt. Welche von diesen Ellipsen die Bahn des Kometen wirklich sei, würde man sogleich entscheiden können, wenn man nicht nur die Größe der Sonnennähe AB des Kometen, sondern auch dessen Sonnenweite, größte Entfernung von der Sonne, also AB′ oder AB″ u. s. w. kennte. Da aber der Komet über D und D′ hinaus verschwindet, so können wir ihn zur Zeit seiner größten Entfernung nicht beobachten. Die verschiedenen Ellipsen durch B um den Brennpunkt A unterscheiden sich zwar auch schon durch ihre Krümmung bis D, aber wenn nicht die Bahn sehr klein ist, wegen der verhältnißmäßigen Kürze des Stückes BD gegen den ganzen Umfang der Bahn, um so wenig, daß wir diesen Unterschied nicht zu bemerken vermögen. Je länger die große Axe der Ellipse BB′, der Bahn des Kometen ist, desto weniger weicht das Stück BD ab von dem entsprechenden Stücke der Parabel, deren Brennpunkt A und deren Scheitel (nächster Punkt an A) B ist.

Da nun die großen Axen aller Kometenbahnen sehr groß sind, so pflegen die Astronomen das beobachtete Stück der Kometenbahn DD′ als Theil einer Parabel zu betrachten und suchen folgende fünf Elemente der Kometenbahnen auf:

1) Die Neigung der Ebene, worin der Komet sich bewegt, gegen die Ebene der Erdbahn; 2) die Lage des aufsteigenden Knotens der Kometenbahn, d. h., die Angabe des Punktes der Ekliptik, wo dem Sonnenbewohner der Komet von der Südseite der Ekliptik zur Nordseite überzugehen scheint; 3) die Richtung der Hauptaxe der Parabel, oder die Angabe, in welchem Zeichen der Ekliptik der Komet dem Sonnenbewohner erscheint, wenn er in seiner Sonnennähe ist; 4) der Abstand des Kometen von der Sonne, wenn er im Perihelio oder der Sonnennähe ist; 5) der Augenblick, da er sich in dem Punkte der Sonnennähe befand.

Aus diesen Elementen findet man die Länge der großen und der kleinen Axe der elliptischen Bahn des Kometen noch nicht, kann daher auch nicht die Länge seiner Bahn und die Zeit welche der Komet braucht, dieselbe zurückzulegen, berechnen. Erst die weiter von der Sonne entfernten Punkte der Bahn weichen mehr und mehr von der Lage in einer Parabel ab und man muß einen solchen Punkt kennen, um die Bahn des Kometen als eine Ellipse genauer bestimmen zu können.

Die Kometen gehören nach den Erfahrungen, die man über sie gemacht eben wie die Planeten zu unserem Sonnensysteme und es ist wahrscheinlich, daß auch die übrigen Fixsterne (Sonnen) sowohl Planeten als Kometen haben, die zu ihnen gehören. Die Anzahl der zu unserem Sonnensysteme gehörigen Kometen scheint sehr groß zu sein, ist jedenfalls bei weitem größer als die Anzahl der Planeten. Seit dem Jahre 240 bis jetzt hat man ungefähr 200 Kometen aufgezeichnet, bedenkt man aber, daß in früheren Zeiten nur die mit bloßen Augen sichtbaren und auch von diesen nur die größeren angemerkt wurden, daß viele Kometen aber sehr klein erscheinen, daß ferner viele auf der von der cultivirten Welt bewohnten Nordhälfte der Erde nicht gesehen worden, wohl aber auf der Südhälfte erscheinen, daß endlich viele Kometen darum

nicht gesehen werden, weil sie während ihrer Sonnennähe am Tage am Himmel stehen, dann aber vom Lichte der Sonne verdunkelt werden, — so sehen wir uns genöthigt anzunehmen, daß die Anzahl der Kometen in unserem Sonnensysteme bei weitem größer als 200 sei. Ueberdieß gibt es Kometen die ihre Bahnen in Jahrtausenden zurücklegen, daher auch nur nach Jahrtausenden wieder einmal sichtbar werden. Nach freilich auf ziemlich willkührlichen Annahmen beruhenden ungefähren Berechnungen hat man die Anzahl aller Kometen des Sonnensystems auf 59585 angenommen, welche Zahl aber eher zu klein als zu groß sein dürfte.

Höchst wahrscheinlich haben alle Kometen eine sehr geringe Masse; von einigen kann man dieses fast mit Gewißheit behaupten, wie dieses auf eine sehr scharfsinnige Weise namentlich von La Place dargethan worden. Aus den Beobachtungen des im Jahre 1770 erschienenen Kometen folgt nämlich, daß derselbe eine Umlaufszeit von 5½ Jahren habe. Weder aber hat man diesen Kometen jemals vor noch bisher nach 1770 beobachtet, und man muß daher annehmen, daß entweder das Dasein dieses Weltkörpers überhaupt nur von kurzer Dauer gewesen sei, oder daß derselben vor und nach 1770 in seiner Bahn Störungen erlitten haben müsse. Daß dieses letztere der Fall sei, hat La Place nachzuweisen gesucht. Der Komet erhielt seine Bahn von 5½ Jahren durch die Anziehung des Jupiter, dem er 1767 sehr nahe kam, war 1770 und 1776 in der Nähe der Erde, wurde aber in dem letzten Jahre nicht bemerkt, weil er, nur bei Tage am Himmel stehend, von der Sonne überstrahlt wurde. Im Jahre 1779 begegnete der Komet aufs neue dem Jupiter und wurde nun in seiner Bahn so von ihm verändert, daß Jahrhunderte bis zu seiner Rückkehr vergehen werden. In den genannten Jahren ging dieser Komet zwischen dem Jupiter und seinen Monden hindurch ohne auch nur irgend eine Veränderung in Lauf und Stellung des Planeten und der Monde zur Folge zu haben. Dieses hätte aber sowohl beim Jupiter der Fall sein müssen als auch im Jahre 1770 bei der Erde, wenn seine Masse nicht sehr gering wäre, weil sich die Anziehung nach der Größe der Masse richtet. Er war damals 316664 Meilen von der Erde entfernt und hätte nach La Place wenn er aus einer Masse gleich der der Erde bestände eine Veränderung der Jahreslänge von 2 Stunden 43 Min. hervorbringen müssen. Nicht allein aber dieser Komet, sondern alle seit 3000 Jahren in die Nähe der Erde gekommenen Kometen haben zusammen keine Veränderung von 2 Sec. in der Jahreslänge hervorzubringen vermocht. Denn La Place hat nachgewiesen, daß nicht um 2 Sec. das gegenwärtige Erdjahr von dem vor 3000 Jahren abweiche. Ueberhaupt bemerkt Littrow ist bei keiner der lange voraus berechneten Stellungen der Himmelskörper auf Störungen durch Kometen Rücksicht genommen, obschon fast jedes Jahr ein Komet in die Nähe eines Planeten kommt, und da nun dennoch jene Stellungen sehr genau zu der voraus bestimmten Zeit eintreffen, so können derartige Störungen auch nicht stattfinden, d. h., die Kometen müssen sämmtlich eine so

geringe Masse haben, daß sie nicht eine merkliche Anziehung gegen die Planeten ausüben.

Durch die eben gemachte Bemerkung fallen nun alle die Fabeln hinweg, welche man von dem ungeheuren Unglück gemacht hat, welches alle Erdbewohner treffen würde, wenn einmal ein Komet mit der Erde zusammenträfe. Indem bei der Annäherung an die Erde der Komet selbst sich verdichten würde bis seine Masse an Dichte der Erdmasse gleichkäme, so würde er zu einer unbedeutenden Größe zusammenschrumpfen. Uebrigens ist es eine der vergeblichsten Speculationen, zu untersuchen, was im Falle eines Zusammentreffens entstehen würde, weil die Möglichkeit eines solchen selbst unendlich fern liegt. Olbers hat die Wahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens berechnet, und findet, — da nur die Kometen überhaupt mit der Erde in Conflict treten können, welche der Sonne auf ihrer Bahn näher als die Erde kommen, — daß das Wahrscheinlichkeitsverhältniß eines Zusammenstoßens = 1 : 281000000 ist, d. h. daß man 281 Millionen gegen 1 wetten könne, es werde keine solche Zusammenstoßung stattfinden. Da im Durchschnitt jährlich 2 Kometen auf der Erde sichtbar sind, so würde hiernach im Durchschnitt alle 140500000 Jahre ein Zusammentreffen stattfinden. Bei dieser Berechnung ist noch die Annahme zu Grunde gelegt, daß im Durchschnitt der Durchmesser eines Kometen dem Halbmesser der Erde gleich sei; aber auch wenn man annimmt, der Halbmesser der Kometen sei im Durchschnitt 6 mal größer als der der Erde, so ist das Wahrscheinlichkeitsverhältniß doch noch = 1 : 13000000.

Newton meinte, daß die Kometen bisweilen in die Sonne fielen und ihr neues Licht zu Erleuchtung des Planetensystemes zuführten. Abgesehen von der materiellen Ansicht über das Wesen des Lichtes, welche einer solchen Behauptung zu Grunde liegt, ist es auch noch gar nicht mit Gewißheit entschieden, ob die Kometen selbstleuchtende Körper sind, und wären sie es auch, so haben sie doch eine bei weitem geringere Lichtintensität als die Sonne, da sie auch bei der größten beobachteten Nähe, in bei weitem geringeren Abstande als die Sonne, doch immer gegen diese als bleich erschienen sind. Die Sonne würde durch das Einfallen eines Kometen in sie sehr wenig oder gar nicht an Lichtstärke gewinnen. Wären übrigens die Kometen an sich dunkle, nur erst durch die Sonne erleuchtete Körper, so müßten sie ähnlich wie der Mond und die Venus Phasen, Lichtabwechselungen, zeigen. Die Beobachtungen in dieser Beziehung werden durch die großen Dunsthüllen der Kometen sehr erschwert und unsicher gemacht, und so kommt es, daß die Angaben der Astronomen in Bezug auf die Lichtphasen der Kometen sehr widersprechend sind; an demselben Kometen wollen einige Lichtphasen bemerkt haben, andere nicht.

Unter den beobachteten und nach ihren Bahnen berechneten Kometen sind von dem größesten Interesse diejenigen, welche eine kurze Umlaufszeit haben, deren Wiederkehr man daher in kleineren Zwischenräumen beobachten kann.

Nachdem eben Newton die Gesetze nach denen die Himmelskörper sich bewegen, genauer bestimmt hatte, erschien der Komet vom J. 1682. Halley sammelte alle genaueren astronomischen Kometenbeobachtungen und berechnete nach denselben die Elemente von 24 Kometen. Er fand daß 4 unter diesen, nämlich die von den Jahren 1456, 1531, 1607 und 1682 in ihren Elementen ziemlich genau übereinstimmten, und da nun diese Zeiträume ungefähr 74 Jahre jeder vom nächsten abstanden; so wurde er zu der Vermuthung geführt, daß es derselbe Komet sei, der nach einer Umlaufzeit von ungefähr 74 Jahren in den genannten Jahren erschienen sei. In dieser Vermuthung wurde Halley noch durch den Umstand bestärkt, daß auch in den Jahren 1380, 1305, 1229 und 1154 Kometen gesehen worden waren; und so sprach er denn die Erwartung aus, daß derselbe (aus seinen Elementen kenntliche) im Jahre 1758 oder 1759 wiedererscheinen werde, welches 1759 auch eintraf, obgleich Halley die Störungen, welche der Komet durch die Planeten während seines Umlaufs erlitt, nicht in Rechnung brachte. Clairaut brachte später diese Störungen in Rechnung. Der Komet von 1759 erreichte seine Sonnennähe am 12. März und hatte dieselben Elemente, wie der von 1682, aber eine sehr veränderte Gestalt; eben so veränderlich hatte sich seine Gestalt schon früher gezeigt, woraus hervorgeht, daß die Kometen während ihrer Umlaufszeit sehr bedeutenden Veränderungen unterworfen sein müssen. Im Jahre 1456 hatte der Komet einen 60° langen Schweif, einen Kern welcher die Venus an Größe übertraf und ein intensives fixsternartiges Licht. Im Jahre 1531 war der Schweif klein und so wie der Kern nur schwach leuchtend; ähnlich erschien er 1607, der Kopf desselben war so groß wie Jupiter, aber matt erleuchtet und neblicht. Im Jahre 1682 war der Kern sehr hell, scharf begrenzt und von ovaler Form; der Schweif hatte 16° Länge. Noch schwächer als bei allen früheren Erscheinungen war das Licht des Kometen im Jahre 1759, obschon der Schweif eine Länge von 47° hatte. Man hat diesen Kometen zu Ehren dessen, der seine Bahn zuerst bestimmt hat, den Halleyschen Kometen genannt. Derselbe beschreibt eine sehr langgezogene Ellipse, deren halbe große Axe = 17,89 Erdbahnhalbmesser (d. i. = 375400000 Meilen) und deren halbe kleine Axe = 4,6 Erdbahnhalbmesser (d. i. = 96042200 Meilen) beträgt. Diese Ellipse ist folglich beinahe viermal so lang als breit. Die kürzeste Entfernung des Kometen von der Sonne ist = 0,58 Erdbahnhalbmesser (d. i. = 12197300 Meilen) die größte Entfernung von derselben = 35,96 Erdbahnhalbmesser (d. i. = 738602700 Meilen.) Er entfernt sich demnach viel weiter von der Sonne als der Uranus. Während der Halleysche Komet in der Sonnennähe täglich einen Winkel von 3° 5′ 22″ 5 beschreibt, bewegt sich derselbe in seiner Sonnenferne nur durch einen Winkel = 3″, 1; er hat demnach in der Sonnennähe eine 3608 mal so große Geschwindigkeit als in der Sonnenferne, und während er dort 1428000 Meilen in einem Tage zurücklegt, geht er hier täglich nur um 23520

Meilen fort.*) Im gegenwärtigen Jahre 1835 soll der Halleysche Komet nach den Berechnungen wieder erscheinen. Damoiseau hat 1818 eine Schrift erlassen, in welcher mit Berücksichtigung der Störungen, welche Jupiter, Saturn und Uranus gegen den Kometen ausüben, die Umlaufszeit desselben auf 28007,06 Tage bestimmt wird. Hiernach erfolgte der Durchgang des Kometen durch die Sonnennähe den 16,6 Novbr. 1835. Die Erde verkürzt nach einer späteren Berechnung von Damoiseau die Periode des Kometen noch um 12,26 Tage. Hiernach befindet sich der Komet in der Sonnennähe den 4,32 November 1835. Pontécouland hat die Umlaufszeit des Planeten = 27997 Tage gefunden, wonach derselbe den 7. November 1835 in die Sonnennähe kommen müßte.

Der Olbersche Komet, welcher den 6. März 1815 entdeckt wurde, legt seine Bahn in 74 Jahren zurück, und diese Bahn hat eine halbe kleine Axe = 7,6 und eine halbe große Axe = 16,4 Erdbahnhalbmessern, so daß sie mehr als noch einmal so lang als breit ist. Er kommt den 9. Febr. 1887 wieder in der Sonnennähe.

Der Enckesche Komet legt seine Bahn in 3 Jahren 115 Tagen zurück und wurde den 26. November 1818 von Pons in Marseille entdeckt. Encke berechnete seine Bahn und sagte voraus, daß derselbe im Jahre 1822 zurückkehren, dann aber nur für die südliche Erdhalbkugel bemerkbar sein werde. Dort entdeckte ihn auch der Astronom Rümcker von Neuholland aus den 2. Juli 1825. Der Komet ist seitdem auch 1825, 1828 und 1832 wieder beobachtet worden. Im Jahre 1832 am 16. Juni war der Komet von der Erde nur 5 Millionen Meilen entfernt, d. h. 4mal näher als die Sonne und ungefähr $2\frac{1}{2}$ mal weiter als der Mond. Wegen seines Standes gegen die Sonne hat man ihn indeß nur schwer beobachten können. Die große Axe der Bahn dieses Kometen ist = 2,2, die kleine Axe = 1,2 Erdbahnhalbmesser; er kommt der Sonne bis auf 0,34 Erdbahnhalbmesser (= 7219710 Meilen) nahe, und entfernt sich von derselben bis auf 4,1 Erdbahnhalbmesser. Er entfernt sich hiernach weiter von der Sonne als die Pallas in ihrer mittleren Entfernung, und weniger als der Jupiter. Encke machte die Erfahrung, daß der Komet stets etwas früher sichtbar wurde als der Rechnung nach hätte sein sollen, und suchte diesen Umstand aus dem Vorhandensein eines den Weltraum erfüllenden Aethers zu erklären. Siehe d. Art. Aether. Ueberdieß beobachtete Encke an dem nach ihm benannten Kometen, daß sowohl seine Geschwindigkeit wachse, als auch seine große Axe immer kleiner werde.

*) Für die in Ellipsen um die Sonne sich bewegenden Körper gilt im Allgemeinen die Regel, daß die in gleichen Zeiten zurückgelegten Sectoren sich gleich sind, d. h. wenn z. B. Fig. 96. AB der Bogen ist, den der Komet in Einem Tage während seiner Sonnennähe zurücklegt, und CD der Bogen, den er bei seiner Sonnenferne durchläuft, so muß BSC = CSD sein; man sieht hieraus leicht, daß je länglicher die Kometenbahn ist, desto langsamer die Bewegung desselben in seiner Sonnenferne sein müsse.

Das erstere ist eine Folge des letzteren. Eine andere Folge aber ist die, daß sich die Bahn immer mehr der Kreisform nähert, also den fast kreisförmigen Ellipsen der Planetenbahnen ähnlich wird. Hiernach wäre ein Uebergehen des Kometen in einen Planeten denkbar und der Enckesche Komet würde endlich in einer mittleren Entfernung wie die 4 kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter als ein Planet um die Sonne sich bewegen. Man hat an dem Enckeschen Kometen niemals einen Schweif bemerkt, sondern derselbe erschien nur als ein unansehnlicher, nur schwer mit bloßen Augen zu entdeckender, von einer Dunsthülle umgebener Stern. Der Kern desselben befand sich aber nicht genau in der Mitte der Dunsthülle, sondern der größere Theil derselben befand sich auf der von der Sonne abgekehrten Seite.

Der Bielasche Komet ist am 28. Febr. 1826 von Biela in Prag entdeckt und seine Umlaufszeit auf 6 Jahre 270 Tage berechnet worden. Derselbe ist 1832 wieder beobachtet worden, und erscheint zunächst 1839 wieder. Die halbe große Axe seiner Bahn ist = 3,5 Erdbahnhalbmesser, seine halbe kleine Axe = 2,3 Erdbahnhalbmesser, seine kürzeste Entfernung von der Sonne = 0,8784 Erdbahnhalbmesser, seine weiteste = 6,19526 Erdbahnhalbmesser. Dieser Komet kommt auf seiner Bahn der Erdbahn sehr nahe, am 29. Octbr. 1832 befand er sich nur 2,5 Erdhalbmesser (= 4300 M.) von derselben, war ihr folglich 12mal näher, als der Mond der Erde. Da sich zu dieser Zeit aber die Erde auf einem Punkte ihrer Bahn befand, welcher von dem Punkte der Erdbahn, in deren Nähe sich der Komet befand, weit abstand, so war der Komet noch 11 Millionen Meilen von der Erde entfernt. Behält der Komet seine jetzige Umlaufszeit, so kommt er im letzten December 1933 in die größtmögliche Nähe der Erde.

Der Clausensche Komet wurde im Januar 1743 und im November 1819 beobachtet und ist demnächst im Herbst 1836 wieder sichtbar. Dadurch daß dieser Komet sehr nahe am Jupiter vorübergegangen, hat er sehr bedeutende Störungen erlitten. Seine halbe große Axe war im Jahre 1743 = 3,5487 Erdbahnhalbmesser, die halbe kleine Axe = 2,2867 Erdbahnhalbmesser und er kam der Sonne damals nahe bis auf 0,8350 Erdbahnhalbmesser. Die Umlaufszeit des Planeten betrug 6 Jahre 220 Tage. Im Jahre 1758 wurde aber durch den Jupiter die Bahn des Kometen geändert, und so war denn im Jahre 1819 die halbe große Axe derselben = 3,1293 Erdbahnhalbmesser, die halbe kleine Axe = 2,1844 Erdbahnhalbmesser, und der Komet kam bis auf 5,3460 Erdbahnhalbmesser der Sonne nahe. Die Umlaufszeit dieses Kometen ist nun 5 Jahre und 220 Tage.

Ein merkwürdiger Komet von sehr langer Umlaufszeit ist der von 1680. Nach Encke soll derselbe seine Bahn in 8813,78 Jahren zurücklegen; seine Bahn soll 185 mal länger als breit sein, indem die halbe große Axe derselben = 426,684 Erdbahnhalbmesser, die halbe kleine = 2,3 Erdbahnhalbmesser angegeben wird. Derselbe kam der Sonne bis auf die geringe Entfernung von 28600 Meilen nahe, aus welchem Umstande Newton wahrscheinlich seine Annahme schöpfte, daß die Kometen zuweilen in die Sonne fielen. In dieser Nähe mußte

vom Kometen aus die Sonne 190 mal so groß als von der Erde aus erscheinen. Wegen der ungeheuren Differenz zwischen Sonnennähe und Sonnenferne bei diesem Kometen sind die Räume die er in gleichen Zeiten zurücklegt, oder die Geschwindigkeiten mit denen er sich bewegt, außerordentlich verschieden. In der Sonnennähe nämlich legt er in Einer Secunde 72 Meilen zurück, bewegt sich also 18 mal schneller als die Erde; in der Sonnenferne dagegen bei einer Entfernung von 8533 Millionen Meilen von der Sonne, legt er nur einen scheinbaren Raum von 1 Secunde in 1840 Tagen zurück. Von hier aus erscheint auf dem Kometen die Sonne 4866 mal kleiner als auf der Erde. Der Komet von 1680 war außerordentlich groß. Ehe er in die Sonnennähe kam, war sein Kopf viermal so groß als die Venus und sein Schweif bedeckte 70° bis 80°, nach einigen sogar 90° des Himmels. Nachdem der Kopf des Sternes aufgegangen war, vergingen noch 6 Stunden, bis der Schweif vollkommen über den Horizont getreten war. Als er sich aus den Sonnenstrahlen heraus bewegte, erschien er anfangs viel kleiner als vorher.

Die Umlaufszeiten u. s. w. mehrer anderer beobachteter und berechneter Kometen will ich in einer kleinen Tabelle der Kürze wegen zusammenstellen.

Jahr	Berechnet von	Umlaufszeit in Jahren	Halbe große Axe	Halbe kleine Axe	Kürzeste Entfernung v. d. Sonne
			in Erdbahnhalbmessern		
1763	Burkhardt	7334,25	377,488	18,058	0,498
1766	=	5,025	2,93367	1,2926	0,399
1769	Bessel	2089,81	163,457	6,3336	0,1227
1770 *)	Lexelle	5,58	3,144	1,945	0,6743
1773	Pingré	2277,76	173,116	19,7	1,129694
1783	Burkhardt	100,257	4,65	3,65	1,49532
1793	=	12,127	5,28	3,58	1,4
1807	Bessel	1713,5	148,33	13,83	0,646
1811 erster	Pingré	3065,43	211,022	20,878	1,0354
1811 zweiter	Nicolai	875,376	91,5	16,94	1,582
1812	Encke	70,68	17,09	5,09	0,777

Was nun näher die physische Beschaffenheit der Kometen betrifft, so haben wir über dieselbe bei weitem weniger Kenntnisse als über die

*) Ueber die Veränderung seiner Bahn s. oben Seite 215.

Beschaffenheit ihrer Bahnen. Es sind namentlich drei Gegenstände die hier in Betrachtung kommen, nämlich 1) der Kern, 2) die Atmosphäre und 3) der Schweif des Kometen.

Nach Herschel und Olbers hat man nicht bei allen Kometen einen Kern bemerken können, vielmehr sind Kometen beobachtet worden, deren Inneres von der dunstförmigen Umgebung nur durch größere Helligkeit sich auszeichnete. Man hat ferner, wenn Kometen vor Fixsternen vorübergingen, nicht bloß durch den Schweif desselben die Fixsterne hindurch blinken sehen, sondern auch an den Stellen dieselben durchschimmern sehen, wo sich der Vermuthung nach der Kern des Kometen befinden müßte, in der Mitte der Nebelmasse. Der Kern des Kometen kann aber auch in einzelnen Fällen so klein sein, daß wir ihn mit Hilfe unserer Fernröhre nicht zu entdecken im Stande sind. Selbst die mit ihrer Nebelmasse uns sehr groß erscheinenden Kometen haben zum Theil einen sehr kleinen Kern, so soll nach Herschel der schöne Komet von 1811 doch nur einen Kern von 93 Meilen Durchmesser gehabt haben, wogegen freilich andere Astronomen ihn größer angeben. Entscheidend für die Frage ob der Kern des Kometen ein fester Körper sei, wird die Beobachtung des Vorbeigehens des Kometen vor der Sonne sein. Ist nämlich der Kern ein fester Körper, so wird derselbe während des Vorübergehens vor der Sonne als ein dunkler Fleck auf dieser erscheinen müssen. Man hat bis jetzt aber noch nicht Gelegenheit gehabt, ein solches Vorübergehen zu beobachten.

Die Atmosphäre der Kometen, die neblige den Kern umgebende Hülle ist, wie man fast mit Gewißheit behaupten kann, dieselbe Materie wie der Kern, nur in größerer Verdünntheit. Namentlich am Kometen von 1799 hat man beobachtet, daß sein Kern zuweilen groß und deutlich, zuweilen klein und trübe erschien, was man als ein zeitweiliges Uebergehen der Masse des Kerns in Atmosphäre erklären kann. Indeß können auch Verdichtungen der Atmosphäre eine Verundeutlichung des Kernes zur Folge haben, so daß die Veränderung der Größe desselben nur scheinbar ist. Sehr geistreich ist La Place's Ansicht über das Wesen der Planeten. Nach ihm wird die Masse des Kometen, sobald sich derselbe der Sonne nähert, immer mehr ausgedehnt, wie ja auch die irdischen Körper durch die Wärme Ausdehnung erleiden. Der (vielleicht feste oder tropfbarflüssige) Kern des Planeten verwandelt sich zum Theil (oder ganz, oder auch in Abwechselungen) — wofür die angeführten Beobachtungen zu sprechen scheinen, in eine luftähnliche dünne Flüssigkeit, die sich nun gemäß der Erwärmung ausdehnt. Diese Ausdehnung kann bei großer Annäherung an die Sonne so groß sein, daß die äußersten Grenzen der Atmosphäre und des Schweifes des Kometen völlig verschwinden, derselbe also z. B. wie der von 1680 anfangs nach dem Heraustreten aus der Sonnennähe kleiner als vor dem Eintreten in dieselbe erschien, obschon in der That vielmehr eine Zunahme der Ausdehnung stattgefunden hatte. Bei der Ausdehnung der Atmosphäre des Kometen findet nun aber kein Verlust an Kometenmasse, etwa durch Verflüchtigung in der Aether statt, sondern wie weit auch durch die Wärme ausgedehnt, findet doch Zusammenhalt des Ganzen statt. Je

weiter sich hierauf der Komet von der Sonne entfernt, und dieß ist bei den meisten Kometen sehr weit, desto mehr zieht sich seine Masse gemäß der Wärmeabnahme wieder zusammen, die luftförmige Atmosphäre geht großentheils in tropfbarflüssige oder gar feste Form über. Dabei wird sich bedeutende Wärme entbinden, und so kann sich vielleicht auf dem Kometen eine mittlere Temperatur erhalten, während ohne dieß der Unterschied zwischen Hitze und Kälte in Sonnennähe und Sonnenferne ungeheuer sein müßte. Auch in der Sonnennähe wird sich die mittlere Temperatur des Kometen wenigstens ohne allzu große Abweichung erhalten, weil je näher der Sonne, desto größer die Abdampfung sein, und bei dieser eine sehr bedeutende Quantität Wärme gebunden werden wird.

Die geringe Masse und Dichte der Kometen, welche nach oben angegebenen Gründen angenommen werden muß, macht es annehmbar, daß auch der Kern eine sehr dünne, vielleicht halbdurchsichtige Masse sei. Jedenfalls ist die Atmosphäre eine durchsichtige Materie und so ist denn hierin der Grund zu suchen, warum man noch keine Phasen an einem Kometen wahrgenommen habe, und man sieht ein, wie die Kometen nicht selbstleuchtende, sondern dunkle Körper sein und dennoch keine Phasen zeigen könnten.

Den großen Kometen von 1811 umgab eine sehr große helle Dunsthülle. Nach Herschel betrug der Durchmesser derselben gegen 27000 Meilen. Ihr Glanz nahm gegen den Umfang zu ab, aber obgleich die Mitte am hellsten erschien, so zeigte sich doch immer ein größerer Theil der leuchtenden Materie an der gegen die Sonne gewandten Seite angehäuft; auch lag der planetarische Kernpunkt immer weiter von der Sonne entfernt, als die Mitte der größten Helligkeit des umgebenden Lichtes. Dieser sphärische Lichtnebel war veränderlich und nahm nach Schröters Angaben von der Zeit der Sonnennähe an stark zu, so wie dieses bei dem Kometen von 1807 der Fall gewesen war. Diese Zunahme dauerte jedoch nur bis $1\frac{1}{2}$ Monate nach der Sonnennähe und ging sodann in Abnahme über. Am bedeutendsten war die Größenzunahme des Kometen von 1770, indem derselbe nach Burkhardt's Berechnung gegen das Ende seiner Sichtbarkeit über 48 mal größer als bei den früheren Beobachtungen war.

Nach der verschiedenen Beschaffenheit des Schweifes hat man die Kometen in verschiedene Klassen eingetheilt. Brandes unterscheidet folgende drei Klassen.

Manche Kometen bieten uns gar nicht die Erscheinung eines Schweifes dar, sondern ihr Nebel ist nach allen Seiten ziemlich gleich ausgebreitet, und sie gleichen einem runden Nebelfleck, oder zeigen sich etwas elliptisch, in der Mitte am meisten verdichtet. Andre Kometen haben zwar einen Schweif, aber dieser zeigt sich nur als eine weitere Ausdehnung jenes Nebels nach der einen als nach der andern Seite, und zwar liegt diese Verlängerung in einen Schweif dann allemal sehr nahe der Sonne gegenüber, und ist oft so gekrümmt, daß der Schweif etwas hinter dem Kometen zurückbleibt. Die dritte Art von Kometen hat eine, von ihrer nebligen Atmosphäre ganz getrennte Nebelhülle,

welche den Kometen an der Sonnenseite halbkugelförmig umgibt und sich dann kegelförmig um ihn ausgebreitet nach der der Sonne entgegengesetzten Seite erstreckt.

Die Entstehung der Schweife der Kometen so wie des Umstandes, daß dieselben im Allgemeinen einige Zeit nach der Sonnennähe am prachtvollsten erscheinen, erklärt sich zum Theil aus der oben angegebenen La Placeschen Theorie. Auch nimmt der Schweif zu, je näher der Komet der Sonne kommt. So war der Schweif des Komets von 1665 anfangs nur $2\frac{1}{2}$ später 5 Millionen Meilen lang. Bei weiterer Entfernung des Kometen von der Sonne nimmt dann die Länge des Schweifes wieder ab, so war bald nach der Sonnennähe der Schweif des Komets von 1811 zwölf Millionen Meilen lang, nach 2 Monaten aber nur noch 5 Millionen Meilen. Man hat die allgemeine Bemerkung gemacht, daß die Schweife sich nimmer nach der von der Sonne abgewendeten Seite hin erstrecken, und daß sie etwas gekrümmt erscheinen, so daß sie etwas hinter den Kometen zurückzubleiben scheinen. Man hat sich mit Erfolg bemüht, diese Krümmung des Schweifes unter der Voraussetzung, daß die Sonne eine gegen die Materie des Schweifes abstoßende Kraft ausübe, durch mathematische Betrachtungen zu erklären, die anzuführen, hier nicht der Ort ist. So hat man auch die Fälle in denen der Schweif bei großer Länge dennoch grade erschien daraus zu erklären gesucht, daß sich in diesen Fällen die Erde mehr oder weniger in der Kometenbahn befand. Dieß war z. B. bei den Kometen von 1769 und 1824 der Fall. Die Veränderungen in der Länge des Schweifs bei demselben Kometen während der Dauer seiner Sichtbarkeit haben übrigens, namentlich wenn sie vorübergehend sind, ihren Grund höchst wahrscheinlich in mehr oder weniger zufälligen Verhältnissen unserer Atmosphäre. Ungleichheiten in der Reinheit der Luft durch welche wir den Kometen beobachten, werden derartige Veränderungen zur Folge haben. Auch der Mond ist von Einfluß; bei leuchtendem Vollmonde muß das immermehr an Helligkeit abnehmende Ende des Schweifes an Sichtbarkeit verlieren. Auch die sogenannten Strahlenschüsse, scheinbare momentane Verlängerungen und Ausbreitungen des Schweifes, leitet Brandes von Ungleichheiten in der Heiterkeit der Luft ab. Er sagt, diese Strahlenschüsse hätten dieselbe Ursache wie das Funkeln der Sterne.

Es ziehen nämlich zu gewissen Zeiten feine Dünste durch die Luft, die, ohne die Luft sichtbar zu trüben, sich uns doch durch eine ungleiche Brechung des Lichtes und ein dadurch verursachtes Funkeln der Sterne kenntlich machen, und die auch hinreichen, um jene mattesten Theile des Kometenschweifes bald zu verdecken, bald sichtbar zu machen, und indem sie vor der Länge des Schweifes vorbei ziehen, den schöner hervorblinkenden Glanz uns als durch die ganze Länge des Schweifes fortlaufend zu zeigen. Daß diese Strahlenschüsse nicht auf einer wirklichen Aenderung im Leuchten des Schweifes beruhen können, scheint vorzüglich aus folgenden zwei Gründen zu erhellen. Erstlich könnte schwerlich irgend eine Wirkung durch die Länge des Schweifes von 5, ja von 10 Millionen Meilen in wenigen Secunden fortgepflanzt werden, da selbst das Licht

2 Minuten braucht, um 5 Millionen Meilen zu durchlaufen; zweitens, wenn auch eine fast den ganzen Schweif in demselben Augenblicke treffende Veränderung vorginge, wenn auch in der That jedes Schweiftheilchen plötzlich leuchtender würde, so könnte diese in demselben Augenblicke eingetretene Wirkung, unserm Auge sich doch nicht als so gleichzeitig oder als in wenigen Augenblicken erfolgt, darstellen. Denn wenn das eine Ende des Kometenschweifes 5 Millionen Meilen, das andere 10 Millionen Meilen von uns entfernt ist, so wird ein gleichzeitig durch alle Schweiftheilchen verbreitetes Leuchten uns vermöge der von dem nähern Ende ausgehenden Lichtstrahlen nach 2 Minuten, vermöge der von dem entfernten Ende ausgehenden Lichtstrahlen nach 4 Minuten sichtbar werden, und wir sehen gar nicht ein, wie es möglich wäre, daß jener nur plötzlich entstandene Glanz von allen Theilen des Schweifes her unser Auge gleichzeitig erreichte.

Ohne weitere Angabe der Versuche zu Erklärungen will ich nur noch einige höchstinteressante und merkwürdige Erscheinungen in Bezug auf den Schweif des Kometen mittheilen. Der Komet von 1577 hatte anfangs einen Schweif von 5 Millionen Meilen von außerordentlich starkem Glanze, so daß er sogar bei Tage sichtbar war; besonders schön glänzend war (wie dieses auch sonst beobachtet worden) die vorangehende Seite desselben. Er wurde noch länger und erhielt nach einigen Tagen einen 2 Millionen Meilen langen Nebenschweif. Dieser zweite Schweif war bei weitem stärker zurückgebeugt, als der Hauptschweif. Bei dem Kometen von 1807 scheint anfangs nur ein kürzerer zurückgebogener Schweif vorhanden gewesen zu sein, bald aber bildete sich neben demselben ein ungleich längerer aber dünnerer gerader Schweif, der nur wenige Tage sichtbar blieb. Am merkwürdigsten war wohl aber der Doppelschweif des Kometen von 1824. Derselbe war am 9. December 1823 der Sonne am nächsten, vom 23. bis 31. Januar aber bemerkte man an ihm Schweife die einander gerade gegenüber lagen. Der eine war der Sonne ab-, der andere ihr zugewendet. Beide hatten ziemlich dieselbe Helligkeit, der aber, welcher der Sonne zugewendet war, zeigte sich viel länger und schmäler als der abgewendete. Als eine besondere Klasse von Kometenschweifen erscheinen die als kegelähnliche Körper, Konoide, hohle Lichtmassen auftretenden. Hierher gehört der Schweif des Kometen von 1811. Den eigentlichen Körper und die kugelförmige Atmosphäre dieses Kometen umgab ein dunkler Raum, welcher die eigentliche Schweifhülle von jener Atmosphäre trennte. Das hohle Schweifkonoid erschien nun als ein Doppelschweif, weil es in der Mitte, wo man durch die dünne Wand des leuchtenden Mantels gerade hindurch sah, keinen erheblichen Glanz hatte. Höchst merkwürdig ist endlich noch wegen der Gestaltungen seines Schweifes der Komet von 1744, über den Brandes folgende Nachrichten mittheilt.

Schon am 13. December 1743 zeigte er sich mit einem kleinem Schweife, als er noch außerhalb der Marsbahn war; er näherte sich dann der Sonne und der Erde, so daß er kurz vor seiner Sonnennähe auch der Erde am nächsten kam. Erst nach der Mitte des Januars wurde der Schweif ansehnlich, und soll selbst bei Tage gesehen worden

sein. Der Schweif zeigt sich nun allmählig immer deutlicher als ein doppelter Schweif. De Cheseaux gibt nach der Mitte des Februar den längern 14 Millionen Meilen, den kürzern 4 bis 5 Millionen Meilen lang an. Auch Heinsius beobachtete diesen doppelten Schweif und beschreibt zugleich die Erscheinungen, die sich um den Körper des Kometen selbst zeigten.

Das Merkwürdigste war, daß der Komet zuletzt einen sechsfachen Schweif erhielt. Nachdem nämlich de Cheseaux ihn bis zum 1. März (dem Tage seiner Sonnennähe) beobachtet hatte, und durch mehre trübe Tage an weitern Beobachtungen gehindert war, begab er sich am 8. März vor Sonnenaufgang an einen freien Platz, um den jetzt der Sonne sehr nahe gerückten Kometen noch zu sehen. Man sah nur noch seinen über dem Horizonte hervorragenden Schweif, oder vielmehr seine Schweife, deren man Anfangs fünf, und endlich noch einen sechsten von einem Lichte, so hell wie die schönsten Theile der Milchstraße gewahr ward. Nach der Stellung des Kometen konnte man diese lichten Streifen mit allem Rechte für Schweife, die von ihm ausgingen, halten; sie nahmen den ganzen Raum von der Hand des Antinous und der Hand des Wassermannes bis zu den Füßen des Pegasus ein, und nach de Cheseaux Berechnung war der südliche 11 Millionen, der mittlere sowohl als der nördliche Schweif 15 Millionen Meilen lang.

Noch mag bemerkt werden, daß, da die Kometenschweife das Licht der Sterne ohne Farbenspiel durchblicken lassen, die Materie, aus denen dieselben bestehen, keine lichtbrechende Kraft haben könne.

Kraft ist der allgemeine Ausdruck der zum Grunde liegenden Ursache einer Wirkung, die wir nur nach der bestimmten Art, in der sie sich äußert, nach den Gesetzen ihrer Wirksamkeit bestimmen. Die Wirkung selbst ist die Aeußerung der Kraft, und nach dem bestimmten Gesetze, nach welchem eine gewisse Anzahl von Wirkungen erfolgt, nehmen wir an, daß diese Wirkungen eine und dieselbe Ursache haben müssen, obgleich wir diese Ursache selbst nicht näher bestimmen können, und so schreiben wir jenen nach demselben Gesetze erfolgenden Wirkungen Eine Kraft zu. Die Aufgabe der wissenschaftlichen Physik ist es, die Gesetze zu entdecken, nach denen die Kraft ihre Wirkung äußert. Die allgemeinsten Aeußerungen der Kraft sind Anziehung und Abstoßung, welche theils getrennt auftreten, theils zugleich, und die entweder ihre Wirksamkeit im Innern eines Körpers, auf die Bestandtheile desselben äußern, oder nach außen, so daß ein Körper gegen den andern wirkt, oder endlich zugleich nach innen und nach außen wirksam auftreten. Hiernach ergibt sich folgende Eintheilung der Aeußerungen der Kraft, wobei nur zu bemerken, daß jeder dieser Aeußerungen die Kraft als eine besondere zum Grunde gelegt werden könne, so daß man hiernach so viel Kräfte als Kraftäußerungen erhalten würde.

I. Die Kraft als rein innerlich gegen die Bestandtheile des Körpers wirkend, äußert sich:

1) als **Anziehung**. Die gegenseitige Anziehung, welche die Bestandtheilchen desselben Körpers gegen einander ausüben, macht den Körper zu einem mit größerer oder geringerer **Festigkeit** begabten Ganzen, und so äußert sich die Kraft in der **Cohäsion** der Körper. Dieses ist aber nur die eine Seite, nach der man den Körper betrachten kann, die Kraft tritt eben so an ihm auf:

2) als **Abstoßung**, indem derselbe nicht bloß aus seinen Bestandtheilen in sich zusammengeht, sondern auch diese Bestandtheile selbst mehr oder weniger aus einander gehalten werden. Die Kraft äußert sich als Abstoßung im Körper in der **Ausdehnung** des Körpers. So ist, und dieses ist diejenige Betrachtungsweise des Körpers, in welcher die beiden eben erwähnten zusammen geschlossen werden, jeder Körper

3) die Gesammtheit seiner einander sowohl anziehenden (Cohäsion) als abstoßenden (Ausdehnung) Bestandtheilchen, und durch das gegenseitige Verhältniß der Abstoßung und Anziehung in ihm ist sein **Aggregationszustand** bestimmt.

II. Die Kraft als **äußerlich**, von einem Körper gegen den andern wirkend tritt auf:

1) als **Anziehung** des einen Körpers gegen den andern, **Adhäsion**, und betrachten wir wieder den Körper als die Gesammtheit seiner Bestandtheilchen, so tritt die Anziehung auf als allgemeine **Massenanziehung**, aus welcher sich die **Schwere** ergibt.

2) als **Abstoßung** des einen Körpers gegen den andern, in den Erscheinungen des **Druckes** und des **Stoßes**.

3) als **Einheit von Abstoßung und Anziehung** in den Erscheinungen der **Gravitation**, namentlich in den Bewegungen der Planeten um die Sonne, der Monde um die Planeten heraustretend, wo aus der gleichzeitigen Anziehung und Abstoßung die Regelmäßigkeit der Bahnen sich ergibt.

III. Die Kraft als **innerlich** und **äußerlich** wirkend, tritt auf:

1) als Anziehung in der **chemischen Verwandschaft**. Wenn sich z. B. Schwefel und Quecksilber in Folge ihrer chemischen Verwandschaft zu Einem Stoffe, dem Zinnober verbinden, tritt die Anziehung a) als Erscheinung äußerlich wirkender Kraft in Bezug auf Schwefel und Quecksilber auf, zugleich aber b) als innerlich wirkend in Bezug auf ihre Einheit, den Zinnober.

2) als **Abstoßung** in der **Spannkraft**, am sichtbarsten bei den ausdehnsam flüssigen Körpern, sie besteht in der Gleichzeitigkeit innerer Abstoßung der Bestandtheilchen und äußerer Abstoßung gegen andere Körper.

3) als **Einheit** von **Abstoßung** und **Anziehung** in der **Polarität**, wie sie namentlich im Magnetismus und in der Elektricität sichtbar ist. Die Polarität enthält alle diese Momente: a) der inneren Anziehung (Verbindung des positiven Poles und des negativen Poles zum Indifferenzpunkt); b) der äußern Anziehung (Anziehung des positiven Poles gegen den negativen eines andern Körpers); c) der innern

Abstoßung (Auseinandergehen desselben Körpers in positiven und negativen Pol); d) der äußern Abstoßung (Abstoßung der gleichnamigen Pole verschiedener Körper). In der Gesammtheit dieser 4 Momente besteht das Wesen der Polarität.

Die einzelnen der hier erwähnten Kraftäußerungen sind in den einzelnen Artikeln nachzulesen, und das Vorhergehende soll nichts enthalten als einen Versuch zu einer übersichtlichen Zusammenstellung der verschiedenen Kraftäußerungen. Nachstehende Tabelle möge noch größere Anschaulichkeit bewirken.

	Kraft innerlich wirkend.	Kraft äußerlich wirkend.	Kraft innerlich und äußerlich zugleich wirkend.
Kraft als Anziehung.	Cohäsion.	Adhäsion, Massenanziehung, Schwere.	Chemische Verwandtschaft.
Kraft als Abstoßung.	Ausdehnung.	Druck und Stoß.	Spannkraft.
Kraft als zugleich Anziehung und Abstoßung.	Aggregationszustand.	Gravitation.	Polarität.

Von diesen Kraftäußerungen sind die in der zweiten senkrechten Columne stehenden diejenigen welche als **bewegende Kräfte** bei Maschinen in Anwendung kommen.

Es liegt in der Natur der Sache, daß eine Maschine nur durch eine **äußerlich** wirkende Kraft in Bewegung gesetzt werden könne. Den ausgedehntesten Gebrauch macht man zur Bewegung von Maschinen von der **Schwere**. Ueberall wo **Gewichte** wirksam auftreten, ist die Schwere der Grund der Bewegung, und überhaupt alle **Zugkraft** nichts weiter als eine Aeußerung der Schwere. Die Uhren, welche durch Gewichte bewegt werden, das Tretrad, alle Anwendungen des Hebels u. s. w. gehören hierher. Der **Druck** und **Stoß** sind eben so bekannte Beweger von Maschinen, z. B. bei der Mühle, dem Hammer, dem Rammklotz u. s. f. Die Gravitation tritt in der **Schwungkraft** auf und ist als solche bewegende Kraft in verschiedenen Maschinen. Auch von der Kraft in sofern sie innerlich und äußerlich wirksam ist, wird die äußerliche Wirksamkeit als Beweger von Maschinen in Anwendung kommen können, und so hat man namentlich die **Spannkraft** der Dämpfe bei den Dampfmaschinen als einen der mächtigsten Beweger benutzt. Auch die Elasticität fester Körper, wo sie

als innerlich und äußerlich abstoßend wirkende Kraft auftritt, wie an dem Bügel der Armbrust, der Uhrfeder u. a. gibt einen mächtigen Beweger für Maschinen ab. Die Polarität hat man zu verschiedenen Maschinen als Erzeuger von Bewegung benutzt (Rotationsapparat, Henry's elektromagnetisches Pendel u. a.), welche dereinst noch eine bei weitem großartigere Anwendung finden dürften.

Die thierische Muskelkraft kann bald als Zug, bald als Druck, bald als Stoß, bald als Hebel wirken, und so ist sie wegen ihrer vielfachen Anwendbarkeit, wenn auch nicht einer der mächtigsten doch einer der geschicktesten Beweger von Maschinen (s. d. Art. Muskelkraft) und kann durch künstliche Vorrichtungen in ihrer Wirksamkeit sehr erhöht werden.

Alle nicht natürlichen Kräfte, als die Seelenkräfte, gehören dem Begriff der Sache gemäß nicht in das Gebiet der Naturlehre. Was die Lebenskraft betrifft, so ist sie der Ausdruck des Seelenhaften im Natürlichen und ist insofern Gegenstand einer besondern Wissenschaft, der Physiologie. Vergl. d. Art. Lebenskraft.

Kraftmesser, Dynamometer (v. d. griech. *δύναμις* Kraft und *μέτρον* Maß) ist ein Instrument, welches den Zweck hat, die Kraft zu messen, welche unter gegebenen Umständen ein Mensch oder ein Thier oder der Beweger einer Maschine auszuüben im Stande ist. Der bekannteste Dynamometer ist der von Regnier erfundene, welcher in folgender Vorrichtung besteht.

Fig. 98. und 99. a ist eine elliptische Stahlfeder, welche mit Leder überzogen wird, um die Hand beim Zusammendrücken nicht zu verletzen. Sie ist 32 Centimenter (12 Zoll) lang, aus gut gehärtetetem Stahle verfertigt, und man versichert sich zuvor durch den Druck einer Kraft, die stärker ist als alle, welche daran geschätzt werden sollen, von ihrer Güte, und daß sie während des Gebrauchs nichts an Elasticität einbüßen werde. An dem einen Arme der Feder ist der stählerne Träger b durch Einschnitte und Schrauben stark befestigt, und auf diesem Träger sitzt eine Messingplatte c in Form eines Halbkreises auf dem zwei Bogen mit Theilungen, die eine nach Myriagrammen (etwas über 20 Pfund des Markgewichts), die andere nach Kylogrammen (etwas über 2 Pfund) eingerissen sind. d ist ein zweiter Träger von Stahl, der auf dieselbe Art an dem andern Arme der elliptischen Feder befestigt ist. Er endigt sich in eine gabelförmige Klammer, in welcher der kupferne Zurückstoßer e sich frei bewegen kann. f ist ein leichter und elastischer stählerner Zeiger, der durch eine Schraube im Mittelpunkte des halben Kreises befestigt und bei g mit einem kleinen Polster von Tuch oder Leder versehen ist, um die Reibung gegen den halben Kreis so gering wie möglich zu machen. Die erste Eintheilung in Myriagrammen dient zu allen den Versuchen, welche die elliptische Feder nöthigen, sich nach ihrer großen Achse zu verlängern, wie bei der Prüfung der Stärke eines Zugthieres; die zweite Eintheilung in Kylogrammen ist für die Versuche (z. B. zur Prüfung der Muskelkraft der Hand) bestimmt, bei welchen man die beiden Arme der Federn zusam-

mendrückt. Ueber diese Theile, auf welchen der Mechanismus des Instruments beruht, ist, um hier gegen Nässe und andere Unfälle zu sichern, eine kleine Messingplatte befestigt, auf welcher sich ebenfalls ein eingetheilter Bogen befindet, dessen Theilstriche den auf dem ersten Bogen entsprechen, und das Spiel eines kleinen Zeigers, der hinter dieser Platte liegt, zeigt hier alle Veränderungen in der Stahlfeder. Fig. 98. l ist ein Messingstück durch Hämmern gehärtet und mit einem Hütchen wie die Magnetnadel versehen. In dieses Hütchen spielt der untere Theil des Stiefels an dem Zurückstoßer ein. Indem dieses Messingstück gleich einer Feder nachgibt, weicht es bei einem falschen Stoße oder Schlage und verhütet dadurch, daß der Mechanismus bei e nicht so leicht zerbrochen werde. In der Deckplatte ist eine Pfanne angenietet, in welcher der obere Theil des Stifts am Zurückstoßungsarme läuft. Bei n, n, n ist die Deckplatte angeschraubt.

Drückt man die Feder zusammen oder zieht sie am längern Durchmesser aus einander, so nähern sich immer ihre beiden Arme. Dabei stößt der kleine Hebel des Mechanismus bei e den Zeiger zurück, der, sobald der Stoß aufhört, an dem Orte stehen bleibt, bis zu welchem er getrieben ist, und bei jedem Versuche zum Nullpunkte zurückgedreht werden muß; eine Vorrichtung die viel bequemer ist, als wenn der Zeiger sich mit der Feder hin und her bewegte. Die Grade auf der Scheibe sind durch Versuche mit Gewichten bestimmt worden, durch welche man die große Achse der elliptischen Feder verlängerte und dadurch den Zeiger zurück drückte. Da dieser dann stehen bleibt, so ist die Bezeichnung leicht.

Nach den angestellten Versuchen war die Kraft der Männer von mittlerer Stärke in derjenigen Stellung in der sie ihre ganze Muskelkraft beim Heben anwendeten, im Durchschnitte gleich 13 Myriagrammes (= 265 Pfd.) und die Muskelkraft ihrer Hände beim Zusammendrücken der Feder gleich 50 Kilogrammes (= 102 Pfd.). Die mittlere Stärke der Weiber war die eines 15jährigen Jünglings, etwa $\frac{2}{3}$ von der Kraft des Mannes. Auch über die Kräfte der Pferde stellte Regnier Versuche an. Im Mittel zog ein Pferd mit einer Kraft von 36 Myriagrammes (= 736 Pfd.) Ein Mensch übte im horizontalen Zuge nur eine Kraft von höchstens 50 Kilogrammes (= 123 Pfd.) aus.

Ein in mehrfacher Hinsicht, namentlich durch geringere Abplattung der elliptischen Feder und leichtere Anbringbarkeit der zu prüfenden Kraft in vielen Fällen sich auszeichnendes Dynamometer hat Horner nach Muncke's handschriftlicher Mittheilung wie folgt beschrieben.

Zuerst besteht der größern Elasticität und Stärke wegen der elliptische Bügel ABCD (Fig. 100.) aus federhartem Stahle, ist in den schwächsten Theilchen, da wo in der Fig. die Buchstaben A, D, C, B gezeichnet sind, 1 Lin.; bei den Handhaben a, a 1,25; in der Gegend der Ringe b b aber 1,5 Par. Lin. dick und durchaus 1,6 Zoll hoch; die große Axe beträgt 14,5 Z., die kleine 5 Z. Durch die ungleiche Dicke des Bügels ist vorzüglich bezweckt, daß er an den Stellen, wo die Handgriffe und die beiden Ringe nebst dem inwendigen Mechanismus angeschraubt

sind, nicht zu schwach, und somit seine Ausdehnung stets regelmäßig ist. Um diesen Zweck noch mehr zu erreichen, ist keine Schraube in den Bügel selbst geschnitten, sondern dieser ist bloß mit den zum Hindurchstecken der Schrauben erforderlichen Löchern durchbohrt. In der Richtung der kleinen Axe sind vermittelst der Schrauben c, c, c, c die beiden Handgriffe a a angeschraubt, welche zum bequemern Festhalten etwas gepolstert und mit Leder umwunden werden. In der Richtung der großen Axe aber sind 2 Oehre f, f durchgesteckt, und mittelst der Schrauben d, d und der genau an die Biegung passenden Platten g, g befestigt. Durch diese gehen die starken im Ganzen geschmiedeten eisernen Ringe von 1,8 Z. innerem Durchmesser und 0,36 Z. Dicke, welche in den hinlänglich erweiterten Oehren sich frei und leicht bewegen. Man ersieht bald, daß die Handhaben a, a dazu dienen, kleinere Kräfte zu messen, die Ringe aber für größere und sehr große bestimmt sind. In der Mitte der Ellipse und am einen Ende der kleinen Axe ist vermittelst der Schrauben $\gamma\gamma$ der flache, 1 Lin. dicke eiserne Träger α festgeschraubt, welcher in drei Zweige ausläuft; zwei derselben $\delta\delta$, 2 Lin. breit, dienen als Halter des auf ihnen festgeschraubten etwas mehr als Halbkreises $\nu\nu\nu$, der dritte $\xi\varkappa$ aber ist in einer Länge von 2 Zollen ausgeschnitten, trägt am Ende den Haken $\varkappa$ welcher sich zwischen den beiden durch die Schrauben $\beta\beta$ an die stählerne Ellipse befestigten Zweigen $\lambda\lambda$ bewegt, und dazu dient, bei etwa angewandter übermäßiger Kraft an den Handgriffen a a gegen den Haken i an dem Zweige λ zu fassen, und die weitere Ausspannung des Dynamometers in der Richtung der kleinen Axe zu verhindern; zugleich aber, wenn eine allzustarke Kraft auf die Ringe b, b wirkt, gegen das Bodenstück sich zu stemmen, und somit eine weitere Ausdehnung nach der Längenaxe unmöglich zu machen; eine zur Sicherung des Werkzeuges nothwendige Vorrichtung. Auf dem Träger $\alpha\xi\varkappa$ des getheilten Bogens $\nu\nu\nu$ ist ein Stift befestigt, um welchen die Rolle $\varepsilon\varepsilon$ sich leicht, doch ohne die geringste Schlotterung umdreht. Ueber dieselbe ist die Schnur (eine feine Darmsaite) $\varphi\varphi\varphi$ ganz herumgeschlungen und mit ihrem einen Ende an den Vorsprung ψ des Trägers λ, mit dem andern aber an die Feder $\sigma\tau$ befestigt. Letztere ist der größeren Stärke wegen doppelt, und aus einer starken Taschenuhrfeder gemacht; sie ist in der kleinen Querstange $\pi\tau$ in einem Einschnitte bei τ festgekeilt, und geht freigelassen bis an den Bügel des Dynamometers zurück, ist aber so angespannt, daß sie dem auf der Rolle ε befindlichen Zeiger bei der Verkürzung der kleinen Axe bis μ' hinzieht, während dem sie bei Verlängerung derselben ohne Widerstand sich bis zur Rolle ε hinziehen läßt, in welchem Falle der Haken $\varkappa$ mit dem Vorsprunge i zusammenstößt und der Zeiger in μ sich befindet. Dieser letztere sitzt auf der Rolle durch Reibung fest, so daß er sich wie ein Uhrzeiger stellen läßt, aber dennoch mit der Rolle fortgeht; sein anderes Ende gleitet auf dem Gradbogen und schneidet daselbst vermittelst eines eingerissenen scharfen Strichs den gemessenen Grad der Eintheilung ab. Da es aber bei vielen Versuchen auf eine solche Schärfe nicht ankommt, und oft die unmittelbare Beobachtung des Zeigers unthunlich ist, so sind auf einer Verlängerung des Stiftes,

der die Rolle trägt und concentrisch mit dieser, zwei leichtbewegliche Zeiger ω', ω' und $\omega'' \omega''$ angebracht, welche durch ein auf dem Hauptzeiger befindliches Stiftchen seitwärts geschoben werden. Die Eintheilung des Kreisbogens $\nu\nu$ ist willkührlich; sie ist wie sich's von selbst versteht, empirisch durch angehängte Gewichte gemacht. Von α nach μ hin sind 125 Kilogramme aufgetragen, und zwar von 0 bis 25 K. je zu halben Kilogrammen, von 50 bis 125 K. zu 5 Kilogr. Nach μ' hin aber befinden sich 300 K. nämlich von 0 bis 100, von 5 zu 5, nachher von 10 zu 10 Kilogr. Noch muß bemerkt werden, daß die Wirkung des Instruments auf eine horizontale Lage desselben berechnet ist. Wird es aufgehängt oder vertical gehalten, so muß der Zeiger vorerst auf Null eingestellt werden. Alles an demselben ist von Stahl mit einziger Ausnahme der Theilung, die von Messing und versilbert ist.

Um den mannigfachen Gebrauch zu zeigen, welchen man von diesem Dynamometer machen kann, führt Horner hier einige Versuche an, welche an drei Personen O, W und M angestellt wurden. O ist ein Instrumentenmacher, 34 Jahre alt, von mittlerer Größe und gut genährt; W ein Gärtner, 46 Jahre alt, mittlerer Größe, an tägliche, doch nicht übertriebene Arbeiten gewöhnt, mäßig gut genährt; M ein Gelehrter, 51 Jahre alt, eine ungewöhnlich anhaltende sitzende Lebensart führend, früher an körperliche Anstrengung gewöhnt, gut genährt, von mittler Größe.

Das Dynamometer gibt halbe Kilogramme an.

		O	W	M
1.	Ausspannung beider Arme in einer Linie horizontal und parrallel mit der Brustfläche	89	62	75
2.	Ausspannung der Arme, der eine der Brust entgegen ziehend, der andere von ihr abstoßend	125	104	115
3.a.	Ausspannung des rechten Armes, das Dynamometer an einem Riemen über die Schulter befestigt			(112)
3.b.	Deßgleichen des linken Armes			98
4.	Zusammenziehen der Arme, mit der einen Hand einen festen Punkt ergreifend, mit der andern das festgebundene Dynamometer haltend	160	130	175
5.	Kraft des rechten Beines bei der Ausstreckung gegen einen Riemen um die Hüfte	288	178	279

	O	W	M
6. Kraft der Rückenmuskeln, mit dem einen Fuß in den einen Halter des Dynamometers tretend, mit beiden Händen den andern ziehend, Stellung wenig gebückt	219	189	235

Hier ist einzig die letzte Art der Kraftäußerung mit den obigen Versuchen einigermaßen vergleichbar. Die Resultate sind jedoch geringer, weil die drei Personen sich nicht getrauten, bei dieser etwas gefährlichen Stellung allzugroße Anstrengungen zu machen, und es ihnen überhaupt vorzüglich darum zu thun war, die mittlere Stärke eines Mannes zu finden.

Krystall (v. d. griech. κρύος Eis, κρύσταλλος alles durchsichtig Erstarrte) heißen die regelmäßig begrenzten und auch in ihrem inneren Gefüge Regelmäßigkeit zeigenden, natürlich vorkommenden Mineralkörper.

Während im Thier- und Pflanzenreiche einzelne Individuen vorkommen, welche je nach der Gattung, zu welcher sie gehören, eigenthümliche Gestalt und innere Regelmäßigkeit des Baues besitzen, scheint auf den ersten Anblick das ganze Gebiet der Mineralien ohne solche bestimmte, die einzelnen Arten in Individuen charakterisirende Gestaltungen. Genauere Nachsuchungen und Beobachtungen haben indeß gelehrt, daß den Mineralien, welche nicht schon bei ihrer Entstehung in freier Ausbildung gehemmt, oder nachher durch Verwitterung oder mechanische Zerstörung umgestaltet wurden, ebenfalls wie in der organischen Welt bestimmte, die Art (Gattung, Geschlecht) ausdrückende, und einzelne Individuen schaffende Gestalten natürlich sind. Höchst lehrreich sind in dieser Beziehung namentlich die Erfahrungen der Chemie. Hier wird durch die Kunst den anorganischen Stoffen eine Freiheit der Bildung verschafft, welche sie in der Natur nicht haben, und so können wir denn gleichsam vor unseren Augen die meisten (einfachen sowohl als zusammengesetzten) Stoffe wenn sie zu festen Körpern erstarren, als Individuen sich bilden sehen, welche eine ihre bestimmte Art charakterisirende Bildung haben.

Die Individuen der Mineralwelt unterscheiden sich aber von den Individuen der beiden organischen Reiche wesentlich dadurch, daß während die Umgränzungen dieser nur durch krumme rundliche Flächen gebildet werden, bei den Krystallen allgemein Ebenen und da sich die Ebenen, um einen einzelnen Körper zu umgrenzen, schneiden müssen, gerade Linien und Ecken die Begrenzungen bilden. Auch das Innere der organischen Individuen ist mit dem herrschenden Charakter der Rundung aller einzelnen Theile construirt, während das Innere der Mine-

ralindividuen eben so wie das Aeußere derselben eine nach Ebenen gehende Construction hat. Es gibt unzählige Arten der gerundeten Flächen, während es nur Eine Art der Ebenen gibt und so ist es nothwendig, daß die Krystalle eine bei weitem größere Einfachheit und Regelmäßigkeit zeigen als die organischen Individuen. Daher kommt es, daß, während bei jedem einzelnen Individuum der Thier- und Pflanzenwelt jedes Organ wiederum den Charakter der Individualität trägt, d. h. besonders gestaltet ist, an die Stelle dieser Mannigfaltigkeit bei den Krystallen eine ins unendliche gehende gleichförmige und einförmige Gestaltung tritt. So müssen wir ein organisches Individuum als das Ganze seiner einzelnen verschieden gestalteten Theile ansehen, ein anorganisches Individuum (Krystall) dagegen als ein Ganzes unzähliger Theile, welche dieselbe Gestaltung besitzen, wie das Ganze. Hiermit hängt zusammen, daß die Masse aus denen die einzelnen Organe der organischen Individuen bestehen, selbst verschieden erscheint, während dagegen in den Krystallen eine durchgehende Gleichartigkeit der Masse herrscht.

Die Krystallisirbarkeit bezeichnet das den Mineralien zukommende Vermögen sich individuelle, gesetzmäßige Gestaltung zu geben, und Krystallisirung das Vorsichgehen dieser Annahme gesetzmäßiger Gestaltung. Es ist noch nicht entschieden, ob allen Mineralien Krystallisirbarkeit zukomme, obschon dieß der Analogie nach zu vermuthen ist, und die Krystallisirung zu beobachten haben wir meist nur dann Gelegenheit, wenn wir selbst dieselbe veranlassen, nicht in der Natur; doch da auch in dieser Krystalle vorkommen, so ist anzunehmen, daß ihre Bildung unter ähnlichen Bedingungen vor sich gegangen ist, wie da, wo wir selbst die Krystallbildung veranlassen. Dieß wird auch durch die wenigen Beobachtungen bestätigt, die wir über die Krystallbildung in der Natur, namentlich des Eises haben anstellen können.

Damit Krystallbildung erfolgen könne, muß die Substanz in tropfbar flüssigem oder ausdehnsam flüssigem Aggregationszustande gegeben sein. Dieses ist der Fall sowohl wenn der Stoff für sich durch Wärme in einen dieser Zustände versetzt ist, als auch wenn er in Verbindung mit einem anderen Stoffe als tropfbar oder ausdehnsam flüssig erscheint, z. B. aufgelöst in Wasser, Weingeist u. s. w. Beim Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand, also entweder durch Entziehung der Wärme oder des Stoffes, der den flüssigen Zustand bedingte, tritt die Krystallisirung ein. Schwefel, Jod, Campher, Benzoësäure krystallisiren aus dem Zustande des Geschmolzenseins und des Dampfes, viele Metalle nach dem Zustande des Geschmolzenseins, Salmiak nach dem des Dampfes, sobald eine hinreichende Erkältung eintritt. Hat man den Stoff geschmolzen und läßt ihn dann erstarren, so muß man, um deutliche Krystallen zu erhalten, nur etwa die Hälfte der Masse erstarren lassen, und nachdem sich (weil Erkaltung und Erstarrung von der Oberfläche beginnt) eine Krystallrinde gebildet hat, diese durchstoßen und den noch flüssigen Theil abgießen. Ohne dieß würde die geschmolzene Masse nach der Erstarrung ein Ganzes bilden, in dem sich die einzelnen Krystalle schwer unterscheiden ließen. Auch in unter Einfluß der Wärme

gebildeten Lösungen verschiedener Stoffe, z. B. der Benzoësäure, des Campfers u. a. in Weingeist, anderer in Wasser, treten bei der Erkaltung der Flüssigkeit die gelösten Stoffe als Krystalle heraus, wenn sie bei minderer Temperatur von dem Lösungsmittel nicht mehr gelöst erhalten werden können.

Aehnlich wie dieses im Art. Eis von diesem erzählt worden, tritt auch bei anderen Substanzen, welche durch Erkaltung aus dem flüssigen Zustande in den festen unter Krystallbildung übergehen, die Erscheinung auf, daß man sie unter gewissen Bedingungen unter denjenigen Temperaturgrad erkalten kann, bei welchem sie gewöhnlich zu erstarren pflegen. Diese Bedingungen sind Ruhe und Verschluß der Gefäße, in welchen die Erkaltung erfolgt. Erschütterung, Oeffnung des Gefäßes, Berührung mit einem krystallinischen oder nur mit irgend einem festen spitzen Körper bewirkt dann aber augenblickliche Krystallbildung. Zugleich erhebt sich dann die Temperatur der Flüssigkeit bis zu dem Grade, bei dem die Erstarrung der Regel nach zu erfolgen strebt. Aehnlich wie das Eis verhält sich in dieser Beziehung z. B. höchst concentrirte Essigsäure. In offenen Gefäßen erstarrt diese schon bei + 13° C., in verschlossenen Gefäßen dagegen kann man sie bis zu — 12° C. erkalten, ohne daß ein Festwerden erfolgte. Wird aber jetzt das Gefäß geöffnet und erschüttert, so krystallisirt die Essigsäure sogleich und diese Krystallbildung geschieht von oben nach unten, auch dann, wenn die in das Gefäß eintretende Luft wärmer als die Flüssigkeit ist. Eine Menge Stoffe verhalten sich ähnlich, eine große Anzahl aber erstarrt auch in geschlossenen Gefäßen und bei vollkommener Ruhe alsbald, wenn eine hinreichende Temperaturerniedrigung stattgefunden hat.

Im allgemeinen wird bei Flüssigkeiten, die unter dem Temperaturgrad erkaltet werden können, bei welchem in der Regel Krystallbildung eintritt, die Krystallbildung veranlaßt: a) durch Oeffnung des Gefäßes und dadurch veranlaßten Zutritt der äußeren Luft; b) durch Bewegung (wenn die Erkaltung in einem offenen Gefäße geschah*); c) durch Berührung mit einem festen Körper. Erkalten diese Körper mit der heißen Flüssigkeit, oder werden sie naß oder erwärmt in dieselbe gebracht, so bewirken sie nicht Krystallbildung. Merkwürdig ist der von Lowitz beobachtete Fall, daß aus einer heiß bereiteten Auflösung von Salpeter und Glaubersalz, ein Salpeterkrystall nur das Anschießen (Bildern von Krystallen) von Salpeter, ein Glaubersalzkrystall nur das Anschießen von Glaubersalz bewirkt, während aus der für sich gelassenen Auflösung beide Salze durch einander krystallisiren.

Jedes Lösungsmittel kann bei einer gewissen Temperatur nur eine bestimmte Quantität eines Stoffes aufnehmen, und heißt nach Aufnahme dieser Quantität, von dem Stoffe gesättigt. Nach Sättigung mit einem Stoffe kann es jedoch noch einen zweiten, dritten u. s. w.

*) Indeß kommen auch Fälle vor, wo in verschlossenen Gefäßen Krystallbildung durch Schütteln des Gefäßes veranlaßt wird, z. B. bei einer Lösung des salzsauren Kalkes in warmem Wasser.

Stoff, von jedem eine bestimmte Quantität aufnehmen. Mit der Temperatur nimmt im Allgemeinen die Löslichkeit zu, oft nur bis zu einem gewissen Grade. Aus der erkaltenden Flüssigkeit krystallisirt nur diejenige Quantität des aufgenommenen Stoffes heraus, welche das Lösungsmittel bei der herabgegangenen Temperatur weniger als bei der vorher höheren zu lösen vermag. Wenn man z. B. kochendheißes Wasser auf zerstoßenen Salpeter gießt, das Gemenge so lange umrührt, als noch Salpeter aufgelöst wird, sodann die Lösung abgießt und bei völliger Ruhe langsam erkalten läßt, so krystallisirt daraus derjenige Antheil des Salpeters, welchen das kochendheiße Wasser mehr als das abgekühlte aufgelöst enthalten kann.

In den erwähnten Fällen wurde die Krystallbildung durch Erkältung veranlaßt, sie kann jedoch auch durch Erhitzung eingeleitet werden, und zwar dann, wenn der zu krystallisirende Stoff durch Verbindung mit einem anderen Stoff in flüssiger Form erhalten wurde, der dann durch Verdampfung entfernt wird. Auf diese Weise gewinnt man das krystallisirte Kochsalz aus seiner Auflösung in Wasser, in dem man dieses durch Wärme in Dampf verwandelt und so forttreibt. Einige Lösungen lassen die Flüssigkeit schon bei gewöhnlicher Temperatur in Dampfform fahren. Auch dann findet Krystallisation statt, wenn das Lösungsmittel mit einem andern Stoff gemengt wird, der mit ihm zu einer Flüssigkeit sich verbindet, in welcher der zu krystallisirende Stoff nur wenig oder gar nicht aufgelöst wird. Salpeter und Kupfersalmiak krystallisiren auf diese Weise aus der wässrigen Lösung, wenn man Weingeist in dieselbe bringt, und Campher aus der weingeistigen Lösung durch Zusatz von Wasser.

Je langsamer die Zurückführung eines Stoffes aus dem flüssigen in den festen Zustand geschieht, desto wenigere aber auch desto größere und desto vollkommner ausgebildete Krystalle erhält man. Man muß also bei der Krystallbildung durch Erkältung diese nur allmählig eintreten und bei der Krystallbildung durch Entziehung der Lösungsmittel diese nur nach und nach vor sich gehen lassen. Geschieht die Erkaltung oder die Entziehung der Lösungsmittel schnell, so erhält man in größerer Menge kleine unansehnliche und unvollkommene Krystalle. Die Bildung der Krystalle geschieht zumeist und zuerst an der Oberfläche der Flüssigkeit, weil hier die Entziehung der Wärme und des Lösungsmittels zunächst erfolgt, und an der innern Oberfläche des Gefäßes, weil durch die Wandungen des Gefäßes nächst der Oberfläche der Flüssigkeit früher die Temperaturmittheilung geschieht als in der Mitte der Flüssigkeit und weil die Krystalle hier sich an den festen Körper (des Gefäßes) ansetzen. Auch an von außen in die Flüssigkeit gebrachte feste Körper z. B. Holz, welche Adhäsionskraft gegen die Krystalle äußern, legen sich diese an. Der Grad der Adhäsionskraft bestimmt dieses Anlegen, wie man daraus sieht, daß sich z. B. aus ihren wässrigen Auflösungen krystallisirende Salze schwieriger an die Wände gläserner als porcellanener Gefäße ansetzen und gar nicht an mit Fett überzogene Wände.

Aus dem Gesagten wird erklärlich warum man beim Zuckersieden, wo eine schnelle und körnige Krystallisation der eingekochten Zuckerauflösung

beabsichtigt wird, sobald dieselbe in die Zuckerhutform hinein gegossen ist, sie stark und oft umzurühren pflegt, dagegen, wenn der Zucker in deutlichen Krystallen anschießen soll, wie beim Kandiszucker, die Zuckerauflösung weniger stark einkochen und dann auf sehr warmen Stellen stehen läßt, wo das Wasser allmählig verdunstet und der Zucker aus seiner Auflösung langsam anschießt. Die Fäden, welche sich im Innern des Kandiszuckers finden, sind in die Auflösung hineingebracht worden, damit sich um sie die Krystalle ansetzen. Eben so werden auf Vitriolwerken in die eingekochte Vitriollösung kleine Stäbe gesteckt, an welche die Krystalle sich ansetzen und mit denen diese dann herausgenommen werden können.

Die Krystalle haben übrigens gleich beim Beginn ihrer Bildung dieselbe Gestalt, die sie in größeren Individuen später zeigen. Die Flüssigkeit, aus welcher die Krystalle sich herausbilden, und von der sie daher umgeben erscheinen, wenn sie nicht durch Abdampfung völlig entfernt wird, heißt die **Mutterlauge**, und diese ist folglich diejenige Flüssigkeit, in welcher der nunmehr krystallisirte Stoff aufgelöst war. Sie enthält nach Maßgabe der Temperatur und ihrer Menge noch einen Theil der krystallisirten Substanz aufgelöst, so wie auch noch solche Stoffe, welche minder leicht krystallisirbar und in ihr gelöst sind. Namentlich wenn die Krystallisirung schnell vor sich geht, pflegen von der Mutterlauge kleine Partien in das Innere der Krystalle einzutreten und hier eingeschlossen zu werden. Erhitzt man nachher solche Krystalle und schmelzen dieselben nicht bei einem Temperaturgrade, der niedriger als der Siedepunkt der eingeschlossenen Flüssigkeit liegt, so verwandelt sich diese im Innern des Krystalls in Dampf und erlangt bald eine so große Spannkraft, daß die Krystalle von ihr zersprengt (**zerknistern**, **decrepitiren**) werden. Dieß geschieht mit einem Knistern und jene eingeschlossene Flüssigkeit wird daher **Zerknisterungswasser** genannt. Mit diesem nicht zu verwechseln ist das **Krystallwasser**, eine Quantität Wasser aus der flüssigen Lösung, welche manche Substanzen beim Krystallisiren in sich aufnehmen. Dieses Aufnehmen geschieht jedoch nicht wie beim Zerknisterungswasser nur äußerlich, sondern mit so völliger Durchdringung und chemischer Bindung, daß die Krystallform und die sonstigen Eigenschaften des Stoffes, gemäß dieser Verbindung andere als die des wasserfreien Stoffes sind.

Manche Krystalle, z. B. Alaun, Glaubersalz u. a. enthalten viel Wasser, andere z. B. schwefelsaures Kali, Kochsalz, Salpeter gar keins. Einige Stoffe krystallisiren theils mit, theils ohne Krystallwasser, und einige können verschiedene Antheile von Wasser beim Krystallisiren aufnehmen. Solcher ungleicher Gehalt von Krystallwasser bei demselben Salze entsteht, wenn man die Auflösung desselben bei verschiedenen Temperaturen krystallisiren läßt. Manche Salze krystallisiren bei höherer Temperatur ohne Krystallwasser, bei niederer aber mit Wasser, so z. B. das schwefelsaure Natron und das Kochsalz. Das erstere krystallisirt bei + 30° C. ohne, bei + 10° mit Krystallwasser; das Kochsalz nimmt bei gewöhnlicher Temperatur kein Wasser auf, einen bedeutenden Antheil dagegen bei — 10°. Einige Krystalle verlieren in trockener Luft

allmählig ihr Krystallwasser, und werden dann, wenn sie nur in geringer Menge chemisch gebundenes Wasser enthalten, milchweiß und undurchsichtig, behalten aber die krystallinische Form; enthielten sie aber viel Wasser, so zerfallen sie zu einem weißen undurchsichtigen Mehle, wie Glaubersalz, kohlensaures Natron u. a., welches verwittern, fatisciren genannt wird. Durch Erhitzung schmelzen solche Krystalle anfangs in ihrem Krystallwasser, trocknen aber dann während der Verdunstung des Wassers ein, und schmelzen nachher erst bei dem zum Schmelzen des wasserfreien Salzes erforderlichen höhern Hitzegrade. Wenn man auf ein solches verwittertes Salz so viel Wasser gießt, als es zum Krystallwasser bedarf, so verbindet es sich damit und wird nach einiger Zeit zu einer harten halbdurchsichtigen Masse. Das schwefelsaure Natron z. B. enthält auf 100 Theile 57 Theile Krystallwasser; läßt man es verwittern und mengt es dann nach diesem Verhältnisse mit Wasser, oder 2 Th. Salz mit 3 Th. Wasser, so erhält man nach kurzer Zeit eine feste Masse, wobei sich die Wärme des Wassers langsam entwickelt. Hierauf gründet sich, z. B. die Darstellung der Gypsfiguren. Man erhitzt nämlich den Gyps so, daß er sein Krystallwasser verliert, pulvert ihn dann fein, rührt ihn mit Wasser zu einem Brei und gießt ihn in die Formen, wo er nach einer Weile erkaltet, indem er das Wasser chemisch bindet und die Masse lauwarm wird. (Berzelius.)

Bei der Bildung der Krystalle pflegt Wärme und Licht entwickelt zu werden, doch ist nur bei einigen Fällen wo diese Entwicklung besonders stark war, dieselbe beobachtet worden. Die Wärmeentwicklung ist eine Folge des Umwandelns des bis dahin flüssigen Körpers in einen festen, wobei die den Flüssigkeitszustand bedingende latente Wärme frei werden muß. Sie tritt besonders auffallend in denjenigen Fällen auf, wo nach einer künstlichen Erkaltung bis unter den Erstarrungspunkt, durch Erschütterung u. s. f. ein schnelles Eintreten der Krystallisation herbeigeführt wird, wo dann die Temperatur der Flüssigkeit schnell bis zum Erstarrungspunkte erhöht wird. Bei der Aufnahme von Krystallwasser verliert auch dieses seinen flüssigen Zustand und läßt daher diejenige Wärme fahren, die es zu Herstellung seines flüssigen Zustandes gebunden hielt.

Ueber die bei der Krystallbildung auftretenden Licht- und Elektricitätserscheinungen ist schon im Art. Elektricität S. 114 ff. die Rede gewesen. (Vergl. d. Art. Licht und Krystallelektricität.)

Die Krystalle einer und derselben Substanz sind, wie in dem Vorhergehenden gesagt wurde, gleichförmig, aber nicht in der Art, daß sie alle vollkommen gleich gestaltet (nur etwa der linearen Ausmessung nach verschieden) wären, sondern sie haben mannigfaltige Formen, welche sich jedoch sämmtlich auf dieselbe Eine der bestimmten Substanz charakteristisch eigenthümliche Grundform zurückführen lassen. Worin näher diese Zurückführung bestehe, kann erst deutlich gemacht werden, nachdem die Grundformen mit ihren Kennzeichen und Unterscheidungsmerkmalen vorgeführt worden. Es gibt mehre bestimmte (später näher zu charakterisirende) Systeme von Gestalten, und allgemeine Regel ist, daß

dieselbe Substanz zwar in mehren Formen aber nur in Formen ein und desselben Systems krystallisiren könne.

Zur Verständigung in der Krystallographie (Krystallbeschreibung) ist nöthig, gewisse mathematische Ausdrücke genau nach ihrer Bedeutung fortwährend gegenwärtig zu erhalten, dieselben sind übrigens sehr leicht zu merken. Es wird nicht überflüssig sein sie hier zu wiederholen.

Ein **Körper** ist ein völlig eingeschlossener (begrenzter) Theil des Raumes, und hat daher alle 3 Dimensionen (Ausmessungen) des Raumes: Länge, Breite, Höhe.

Die Körper sind umgrenzt:

a) von Einer (krummen) Oberfläche (z. B. die Kugel)
b) von Oberflächen und Linien (z. B. der Cylinder oder die Walze)
c) von Flächen, Linien und Punkten, (z. B. der Kegel, der Würfel u. a.)

Die Krystalle gehören nicht zu den unter a und b erwähnten Körpern, sondern machen wieder nur eine besondere Klasse der unter c erwähnten Körper aus, sie sind nämlich:

Körper, die von geraden Flächen (Ebenen), geraden Linien und Punkten begrenzt werden, — geradflächige Körper.

Jede gerade Linie an einem Körper ist die Durchschnittslinie zweier Flächen und heißt eine **Kante**.

Die Kanten an geradflächigen Körpern schneiden sich in Punkten, welche **Eckpunkte** genannt werden. Die **Ecken** selbst werden eingeschlossen von denjenigen geraden Flächen, die sich in den in den Eckpunkten zusammentreffenden geraden Linien schneiden.

Zu Bildung einer Ecke sind wenigstens drei sich gegenseitig schneidende gerade Flächen erforderlich. Nach der Zahl der Ebenen oder der Kanten, welche eine Ecke bilden, wird dieselbe eine drei-, vier- u. s. w.-seitige oder kantige Ecke genannt. — Eine dreiseitige Ecke, deren begrenzende Ebenen sich unter rechten Winkeln schneiden, die also von 3 ebenen rechten Winkeln begrenzt ist, heißt eine **rechte**, jede Ecke, bei der die Summe der sie begrenzenden ebenen Winkel kleiner als 3 rechte ist, heißt eine **spitze**, und jede Ecke, bei der die Summe der begrenzenden ebenen Winkel größer als 3 rechte ist, heißt eine **stumpfe** Ecke.

Die geraden Flächen an Körpern sind von den Kanten allseitig begrenzt, jede dieser Flächen bildet folglich eine **geradlinige ebene Figur.**

Zu Bildung einer geradlinigen ebenen Figur sind wenigstens drei gerade Linien nöthig.

Jede gerade Linie, welche einen Theil des Umfangs einer Figur ausmacht, heißt eine Seite dieser Figur.

Die geradlinigen ebenen Figuren werden nach der Anzahl ihrer Seiten in dreiseitige, vierseitige, fünfseitige, sechsseitige u. s. w. eingetheilt.

Regelmäßig heißt eine geradlinige ebene Figur, wenn alle ihre

Seiten und ihre Winkel (in denen sich je zwei ihrer Seiten schneiden) gleich sind.

Das Dreieck, der Triangel, ist eine dreiseitige, geradlinige ebene Figur. Die Dreiecke werden eingetheilt:

1) nach den Seiten in:

a) gleichseitige Dreiecke (in denen auch alle drei Winkel gleich sind, die folglich regelmäßige Dreiecke sind) mit drei gleichen Seiten;

b) gleichschenklige Dreiecke mit zwei gleichen Seiten, den Schenkeln des Dreiecks, und einer jenen beiden nicht gleichen Seite der Grundlinie oder Basis (in denen die 2 an der Grundlinie liegenden Winkel gleich sind);

c) in ungleichseitige Dreiecke, in denen keine Seite der andern (und kein Winkel dem andern) gleich ist.

2) nach den Winkeln in:

a) rechtwinklige Dreiecke mit Einem rechten und zwei spitzen Winkeln (die beiden Seiten, welche den rechten Winkel einschließen heißen Katheten und können gleich sein, wo dann das Dreieck gleichschenklich und rechtwinklig ist, und die dem rechten Winkel gegenüberstehende Seite, welche stets größer als jede Kathete ist und Hypotenuse heißt);

b) spitzwinklige Dreiecke mit drei spitzen Winkeln (können gleichseitig, gleichschenklich und ungleichseitig sein);

c) stumpfwinklige Dreiecke mit Einem stumpfen und zwei spitzen Winkeln (können zwei gleiche den stumpfen Winkel einschließende Seiten haben, und sind dann gleichschenklich, oder drei ungleiche Seiten).

Das Viereck ist eine vierseitige geradlinige ebene Figur. Die Vierecke werden eingetheilt in:

1) Parallelogramme, in denen je zwei gegenüberstehende Seiten gleichlaufend (und auch je zwei gegenüberstehende Winkel gleich) sind. Diese werden wieder eingetheilt in

a) Quadrate: Parallelogramme mit 4 gleichen Seiten und 4 gleichen Winkeln, (welche rechte sind — das regelmäßige Viereck);

b) Rechtecke, Rectangeln: Parallelogramme mit ungleichen Seiten (nur die gegenüberstehenden sind gleich) und 4 gleichen Winkeln (welche rechte sind);

c) gleichseitige Rauten, Rhomben: Parallelogramme mit 4 gleichen Seiten und ungleichen Winkeln (nur die gegenüberstehenden sind gleich);

d) ungleichseitige Rauten, Rhomboide: Parallelogramme mit ungleichen Seiten und ungleichen Winkeln (nur die gegenüberstehenden Seiten und Winkel sind gleich).

2) Klinogramme, in denen nicht jede zwei gegenüberstehenden Seiten parallel sind. Diese werden wieder eingetheilt in:

a) Trapeze: Klinogramme, in denen 2 gegenüberstehende Seiten parallel, die beiden anderen nicht parallel sind;

b) Trapezoide: Klinogramme, in denen keine Seite der andern parallel ist.

Jede gerade Linie, welche zwei Winkelpunkte einer geradlinigen ebenen Figur verbindet, heißt eine Diagonale derselben. Das Dreieck hat keine Diagonale. Das Viereck hat 2 Diagonalen, die bei den Parallelogrammen sich gegenseitig halbiren, bei dem Quadrate und der gleichseitigen Raute unter rechten Winkeln sich schneiden, und beim Quadrate und Rechtecke einander gleich sind.

Der Neigungswinkel zweier geraden Flächen ist derjenige Winkel, welchen zwei gerade Linien mit einander bilden, die in demselben Punkte auf der Kante, in der sich beide Ebenen schneiden, senkrecht stehen, und von denen die eine in der einen Fläche, die andere in der andern Fläche liegt.

Die Gestalt eines gerabflächigen Körpers (Krystalls) ist vollkommen bestimmt durch die Figur, welche eine jede seiner Flächen darbietet (und diese Figur durch die Verhältnisse ihrer Winkel und ihrer Seiten untereinander) und durch die Neigungswinkel je zweier seiner sich schneidenden Flächen, so wie durch die Anzahl dieser Flächen.

Zur Messung der Neigungswinkel an Krystallen bedient man sich des Goniometers (griech., Winkelmesser), von dem namentlich zwei Arten in Anwendung sind. Das erste ist das von Carangeau erfundene Anlege-Goniometer oder Hand-Goniometer, von dessen Construction und Handhabung Hessel nachstehende Beschreibung gibt.

Das Goniometer Fig. 101. besteht aus zwei linealartigen Vorrichtungen ab und df, die der Länge nach mit Spalten gh und lm versehen sind, welche dazu dienen, eine kleine Axe c anzubringen, zur Umdrehung für das eine Lineal df und zur Verschiebung beider, um beliebige Verkürzung der Schenkel ac und dc erzeugen zu können. Das Lineal ab ist mit seiner Mittellinie gk an einem Arme ck befestigt mittelst der Axe bei c und mittelst eines Stiftes bei e, welcher Arm mit einem in Grade getheilten Halbkreise rts zusammenhängt. Die Befestigung muß so sein, daß der Arm cf auf der Ebene des Kreisbogens aufliegt und die Linie nf sich jedesmal in der Richtung eines der Radien befindet; eben so muß auch die eine durch die Mitte der Axe c und durch die Mitte des Stiftes bei e gehende gerade Linie gk die Punkte des Kreisbogens 0 und 180 mit einander verbinden. Die Spalte ik in dem Lineale ab dient mit zur Verschiebung dieses Lineals an dem Stifte bei e.

Beim Gebrauche hält man den zu messenden Krystall in der linken Hand, während man mit dem Daumen und Zeigefinger der rechten das Lineal df bewegt und zu bewirken sucht, daß die einander zugekehrten Ränder der Schenkel ca und cd beider Lineale den zu messenden Neigungswinkel einschließen, und da diese Ränder eine kleine Breite haben, so beurtheilt man durch das Gefühl und durch das Auge, ob ein so vollkommenes Anliegen stattfindet, das zwischen den fraglichen Krystallflächen und den sie berührenden Theilen der Lineale kein Lichtstrahl hindurch dringen könne. Die Stelle, in welcher sich dann die zugeschärfte, in der Richtung des Halbmessers liegende Kante nf des Lineals df befindet, gibt die Anzahl der Grade an, welche der frag-

liche Neigungswinkel mißt. Ist aus irgend einem Grunde die größere Länge der Schenkel ca und cd hinderlich, so werden sie durch die erwähnte Verschiebung verkürzt; oft ist dann auch zugleich der Theil ts des Gradbogens selbst der genauen Anlegung im Wege und deßhalb ist der Halbkreis bei t getheilt und mit einem Gelenke verbunden; die Feder co ist bestimmt, den Bogen ts mit dem andern tr und dem Mittelpunkt c in einerlei Ebene zu erhalten. Wird ihre Verbindung bei o gelöst und sie nach cr hin zurückgeschlagen, so läßt sich auch der Viertelkreis ts nach tr hin zurücklegen. Man hat auch ähnliche Werkzeuge, bei welchen die beiden Lineale und die sie verbindende Axe von dem Halbkreise zum Behuf der Messung des Winkels abgenommen, mittelst einer Schraube bei der Messung festgestellt und sodann auf dem Halbkreise wieder befestigt werden können, um die Ablesung der Grade zu bewerkstelligen. Jedoch scheint jene erste Art bei weitem vorzüglicher; mit ihr können bei günstigen Umständen die Messungen bis auf $\frac{1}{4}$ Grad genau stattfinden, wenn einmal die nöthige Fertigkeit in der Handhabung derselben erworben worden ist.

Aehnlich ist das von Majocchi angegebene Instrument.

Dieses Goniometer besteht aus zwei Linealen AB, GD Fig. 102., welche mittelst eines Bolzens in o so mit einander verbunden sind, daß sie sich um denselben bewegen und jede Neigung gegen einander annehmen können. In einem Drittel ihrer Länge und in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkte der Bewegung befinden sich zwei andere Bolzen e, g, um welche sich zwei metallene Stäbe ef, gf drehen können, deren jeder so lang ist wie die Stäbe oe und og, deren Länge einem Drittel der Länge von AB oder CD gleicht. In f sind die Stäbe ef, gf charnierartig verbunden, so daß alle vier Stäbe oe, og, ef, gf bei jeder Oeffnung des Instrumentes ein Quadrat oder einen Rhombus bilden. Die Lineale AB, CD haben der Länge nach einen Ausschnitt, der sich von einem Ende derselben durch zwei Drittheile ihrer Länge erstreckt, so daß das Instrument sowohl die Gestalt X als die Gestalt Y annehmen kann. Den Winkel, welchen die zwei Stäbe ef und gf mit einander einschließen, mißt der eingetheilte Halbkreis prq, welcher an dem Apparate befestigt ist. Will man nun mit diesem Instrumente den Winkel messen, welchen zwei Ebenen mit einander machen, so gibt man dem Instrumente die Gestalt X, und öffnet die zwei Lineale so weit, daß sie die beiden Ebenen berühren, in welchem Falle der Halbkreis den zu messenden Winkel aus der Lage der Stäbe ef und gf erkennen läßt.

Auf andern Principien, als die eben angegebenen Instrumente beruht das Reflectionsgoniometer, welches Wollaston erfunden hat. Dasselbe ist Fig. 103. abgebildet und hat folgende Einrichtung. Das Hauptstück ist ein metallener Kreis M auf welchen eine ringsumgehende Gradeintheilung gezeichnet ist. In seiner Mitte hat dieser Kreis eine senkrecht auf ihm stehende Axe AA, welche in ihrem Lager im Gestelle P ruht und um die der Kreis M gedreht werden kann. Zu Erleichterung dieser Drehung ist an die Axe AA die Scheibe C befestigt, deren oberer Rand gekörnt ist, um leicht mit den Fingern die

Umdrehung bewirken zu können. Die Axe AA ist aber ihrer ganzen Länge nach durchbohrt und enthält einen Stift aa′, welcher bei a einen Knopf hat, der dazu dient ihn umzudrehen. Am anderen Ende a′ ist der Stift mit einer Vorrichtung versehen, welche Fig. 104. noch in größerem Maßstabe zeigt. Es besteht dieselbe nämlich in zwei Bogenstücken, die durch ein einfaches Gelenk bei c verbunden sind. Durch das zweite Bogenstück geht in einer Hülse b ein Stift to, der sich mittelst des Knopfes t in seiner Hülse b sowohl drehen als verschieben läßt. An der Gradeintheilung des Kreises M ist noch ein an das Gestell befestigter Nonius V angebracht, welcher dient, genau zu messen, wie viel bei der folgenden Beobachtung der Kreis M gedreht worden. Bei o wird an dem Stifte der zu beobachtende Krystall so befestigt, daß die Kante des zu messenden Neigungswinkels in die Richtung der Umdrehungsaxe aa′ fällt. Um genau zu wissen, ob dieses der Fall sei, verfährt man nun, wie folgt. Man stellt das ganze Instrument vor einem Fenster auf einem Tische auf, und wählt zum Merkmal bei der ganzen folgenden Untersuchung einen vor den Fenster in einiger Entfernung liegenden Gegenstand, welcher senkrechte und gerade parallele horizontale Linien dem Auge darbietet, z. B. ein Haus. Man richtet das Instrument so, daß der eingetheilte Kreis vertikal und senkrecht auf die horizontalen Linien steht, welche zum Visiren dienen sollen. Zu dem Ende richtet man die Ebene des Kreises nach der am Hause bemerkten Verticallinie. Hierauf bringt man das Auge dicht hinter den Krystall und indem man das Gebäude durch Zurückwerfung auf einer der Flächen des Krystalls, welche den zu untersuchenden Neigungswinkel einschließen, betrachtet, dreht man denselben so, daß eine der höchstgelegenen Horizontallinien, welche auf diese Weise wahrgenommen werden, mit einer der unteren, direct gesehenen zusammenfällt. Findet nun dieß Zusammentreffen des reflectirten und des direct gesehenen Bildes auch noch statt, wenn man den Krystall durch Drehung des Knopfes a so gedreht hat, daß die zurückgeworfenen Strahlen von der zweiten Fläche ins Auge gelangen, so hat man die rechte Stellung der Kante getroffen, wo nicht, so muß man dieselbe so lange verschieben, bis dieses erreicht ist.

Nun erst schreitet man zur wirklichen Messung des Neigungswinkels. Man stellt den Kreis gegen den Nonius so, daß beider, des Nonius und des Kreises Nullpunkt zusammenfallen. Während durch Umdrehung des Knopfes a der Krystall so gestellt wird, daß an einer der beiden in Betrachtung kommenden Flächen des Krystalls das oben erwähnte Zusammenfallen der Bilder eintritt, bleibt der eingetheilte Kreis ruhig stehen und kann zu diesem Ende durch einen Wiederhaken am Gestelle gehalten werden, damit er nicht durch die Reibung des Stiftes aa in seiner Axe mit umgedreht werde. Hierauf bringt man die Hand an dem Kreise C an und dreht nun den eingetheilten Kreis M sammt dem in seine Axe ruhenden Stift aa′ und dem Krystalle bei o so weit, bis auch auf der zweiten Krystallfläche das Zusammentreffen der Bilder eintritt. Gewöhnlich nehmen am eingetheilten Kreise die Zahlen der Eintheilung zu nach der der Drehung entgegengesetzten Richtung, und

die Drehung des Kreises nach entgegengesetzter Richtung ist durch eine Feder verhindert. Man findet dann aus der Stellung des Kreises gegen den Nonius den gesuchten Neigungswinkel der beiden Ebenen. Dieser Neigungswinkel ist gleich 180° weniger dem Winkel, um welchen der Kreis fortbewegt wurde. Die Zeichnung Fig. 105. wird dieß noch näher erläutern. abc sei der zu messende Neigungswinkel, ab die eine seiner Ebenen, auf welche von m ein Strahl mn geworfen und in der Richtung no zurückgeworfen in das Auge des Beobachters bei o gelange, während zugleich ein directer Strahl po von p nach o kommt, so werden die Bilder von m und p sich zu decken scheinen. Wird hierauf abc so weit gedreht nach der Richtung des Pfeils, bis die Ebene bc auf gleiche Weise ein Zusammentreffen der Bilder von m und p bewirkt, so muß dieß stattfinden, wenn bc in die Richtung bq gelangt, d. h. in derselben Ebene liegt, in welcher sich vorher ab befand, denn dann wird ein Strahl von m nun auf bc in derselben Richtung einfallen und zurückgeworfen werden wie vorher auf ab. Dann ist der Winkel, um welchen die Drehung erfolgte cbq, und da nun W. cbq + abc = 180°, so ist folglich der gesuchte Neigungswinkel abc = 180° — cbq. Was die Wahl der Gegenstände betrifft, deren Bilder man bei der Beobachtung zum Zusammenfallen zu bringen sucht, so ist es im Allgemeinen anzurathen etwas entfernte Gegenstände zu wählen, weil je mehr die Größe des Krystalles und die Entfernung desselben vom Auge gegen die Entfernung jener Gegenstände verschwindend kleine Größen sind, desto weniger fehlerhaft die Beobachtungen sein werden. Wollaston begnügte sich zwar das Instrument in ein Zimmer zu setzen, in einiger Entfernung von einem Fenster, nach dessen queren Stäben er visirte, während er nach den verticalen Theilen des Rahmens die Ebene des Kreises vertical richtete, doch kam diesem Physiker eine große Sicherheit und Geübtheit im Experimentiren zu Hilfe. Mohs bedient sich des Goniometers wie folgt. Man befestigt am oberen Theile eines Fensters einen horizontalen Faden und läßt ihn von einem verticalen schneiden, so, daß man ein rechtwinkliges Kreuz erhält. Auf einem horizontalen Tische diesem Fenster gegenüber verzeichnet man ein ähnliches rechtwinkliges Kreuz, so, daß ein Arm desselben mit dem verticalen des Kreuzes am Fenster in derselben Verticalebene liegt. Beim Gebrauche des Instrumentes geht man nun darauf aus, das Bild des Kreuzes am Fenster mit dem Kreuze auf dem Tische zum Zusammenfallen zu bringen.

Bei der beschriebenen Beobachtungsart dient offenbar der direct gesehene Gegenstand, um überzeugt zu sein, daß das zurückgeworfene Bild von beiden Krystallflächen unter demselben Winkel zurückgeworfen werde. Bei einigen Goniometern ist um die Richtung des ins Auge gelangenden zurückgeworfenen Strahles festzuhalten, ein kleines Fernrohr oberhalb des Krystalles aufgerichtet, so daß das Objectiv desselben gegen die Krystallfläche gerichtet ist. Um ganz genau die Richtung des Strahles durch das Fernrohr bestimmt zu haben, ist in dem Gesichtsfelde desselben ein feines Fadenkreuz angebracht. Uebrigens ist das Goniometer in seinen einzelnen Theilen vielfach abgeändert worden, doch wird es hinreichen

nur noch die von Baumgartner angegebene Construction eines Goniometers näher zu beschreiben.

Nach Baumgartner kommt es bei Messung eines Flächenwinkels nur darauf an, den Winkel zu messen, um welchen der Körper gedreht werden muß, um eine seiner ebenen Oberflächen und ihr Bild in dieselbe Ebene zu bringen. Zu diesem Zwecke dienet ihm die Vorrichtung Fig. 106. wovon A eine Ansicht nach der Seite, B von vorn gewähret. Das Fußgestelle abcd des Instrumentes besteht aus zwei Bretchen recht trokenen Holzes ac und fd, welche in fe so zusammen geleimt sind, daß sich ihre Fasern kreuzen. Es ist gh ein auf ac befestigter Planspiegel, und kl ein stählerner, vollkommen cylindrischer, um seine Axe drehbarer Stift, welcher in l mit einem messingenen Knopfe versehen ist, und durch die metallenen Träger m und n in Pfannen in einer solchen Lage erhalten wird, daß seine Axe mit der ebenen Fläche des Spiegels genau in einerlei Ebene liegt. Diese Axe ist durch einen Punkt in k angemerkt, den man am genauesten erhält, wenn man die Vertiefung, welche der Drehstift beim Abdrehen des Stiftes kl hinterläßt, durch Abfeilen und Schleifen so lange verkleinert, bis nur eine Spur davon übrig bleibt. Es ist ferner o ein an diesem Stifte kl angebrachter metallener Bügel, der sich abnehmen und mit einem größern oder kleinern verwechseln läßt, und in p eine Schraubenmutter hat, durch welche eine Schraube gehen kann, deren Kopf des bequemen Umdrehens wegen über ab hinaus läuft. Endlich ist Q ein Quadrant mit seiner Alhidade r, beide in A von der Seite und in B von vorn zu sehen. Die Grade des Quadranten werden von unten nach oben gezählt, und sind mit zweierlei Zahlen in natürlicher Ordnung bezeichnet: die einen gehen von 0 bis 90°, die andern von 90 bis 180° und sind von den über ihnen stehenden jede um 90° verschieden; diese zweifache Bezeichnung gewährt beim Gebrauche des Instrumentes Vortheil. Die Alhidade ist so breit, daß sie die zu einem Nonius gehörige Eintheilung am Ende enthalten kann, dessen Nullpunkt der feine durch die Mitte des Stiftes lk gehende Strich anzeigt, den man in B auf der Alhidade sieht. Um die Alhidade in jeder Stellung festzuhalten, oder ihr eine sanfte Bewegung geben zu können, ist sie mit einer Schraubenmutter versehen, in welche ein Schraube paßt, die sich im Ausschnitte st sammt der Alhidade verschieben, auch mittelst einer Stellschraube in jedem Punkte dieses Ausschnittes befestigen läßt. Will man mit diesem Reflections-Goniometer einen Flächenwinkel eines Krystalls messen, so kommt es darauf an, ob dieser Winkel spitz oder stumpf ist. Im ersten Falle stellt man die Alhidade genau auf 90° der obern Ziffernreihe, legt den Krystall mit einer der beiden Oberflächen, die den Winkel bilden, auf den Spiegel, mit der Kante des zu messenden Winkels gegen den Nullpunkt der Skale zugekehrt, und bringt ihn da in eine solche Lage, daß diese Kante in der verlängerten Axe des Stiftes kl liegt, wozu der in k angebrachte Punkt behilflich ist. In dieser Lage befestigt man ihn an dem Stifte kl mittelst Wachs, oder mittelst der Schraube am Biegel op. Hierauf drehet man die Alhidade gegen die Ordnung der Ziffer am Quadranten

so lange, bis die zweite den zu messenden Winkel bildende Fläche und ihr Bild im Spiegel in einerlei Ebene erscheinen. Die Zahl der obern Reihe am Quadranten, welche dann der Lage der Alhidade entspricht, ist der gesuchte Winkel der Krystalle. Ist der zu messende Winkel stumpf, so führt ein gleiches Verfahren zum Zweck, nur mit dem Unterschiede, daß man, nachdem die Alhidade auf 0 befestigt worden, nicht die Kante des zu messenden Winkels, sondern die nächst auf sie folgende in die Verlängerung der Axe von kl bringt, und nach dem Drehen des Krystalls den Winkel an den untern Ziffern am Quadranten abliest. Wer nicht mit freien Augen zu beurtheilen vermag, ob die abgebildete Fläche und ihr Bild genau in derselben Ebene liegen, dem kann ein Blendrohr, durch das er den Krystall ansieht, gute Dienste leisten. Um sehr kleine Krystalle messen zu können, thut man wohl, ihre Flächen mit Wachs zu verlängern. Dasselbe Verfahren führt zum Zweck, wenn ein Winkel gemessen werden soll, den zwei Flächen bilden, die von einer dritten durch Abstumpfung entstandenen unterbrochen sind, weil durch das Verlängern der beiden Hauptflächen die Abstumpfung verschwindet.

Die Krystalle müssen als Körper jede der drei Dimensionen: Länge, Breite und Höhe haben. Das gegenseitige Verhältniß dieser drei Dimensionen, d. h. Richtungen der Ausdehnung, wird durch unter rechten Winkeln sich kreuzende Linien dargestellt. Bezeichnet z. B. (Fig. 107.) AB die Richtung der Länge, so ist die der Breite durch eine auf AB senkrechte Linie CD ausgedrückt. Nehmen wir nun an, AB und CD liegen in der Ebene des Papiers, so wird die dritte Dimension der Höhe durch eine sowohl auf AB als auf CD, also auf der Ebene des Papiers senkrechte Linie EF dargestellt. In dieser Zeichnung sind also die Winkel AOC, BOC, AOD, BOD, AOF, BOF, AOE, BOE, COF, DOF, COE, DOE sämmtlich rechte Winkel. Um daher die Structur eines Krystalles näher zu bestimmen, nimmt man einen Punkt im Innern desselben als den Mittelpunkt seiner Gestalt an, und denkt sich durch diesen drei gerade Linien so gelegt, daß sich dieselben entweder unter rechten oder unter andern leicht übersehbaren Winkeln schneiden und (wodurch sie durch die Gestalt des Krystalles selbst gegeben erscheinen) daß sich die Bestandtheile des Krystalles auf eine symmetrische Art um sie ordnen. Diese Linien heißen Axen. An den meisten Krystallen kann man drei auf einander senkrechte Axen, als durch die Gestalt desselben selbst gegeben, wahrnehmen. Es sind dann entweder alle drei Axen gleich, oder zwei, oder keine der andern. Man nimmt eine der drei Axen als Hauptaxe an (jedesmal die vor den beiden andern am meisten sich auszeichnende) und nennt die beiden anderen Axen Queraxen. Bei der Beschreibung denkt man sich den Krystall so vor den Beobachter gestellt, daß seine Hauptaxe senkrecht steht, die Queraxen also wagerechte Lage haben. Bei einer gewissen Klasse von Krystallen nimmt man 4 Axen an, von denen 3 in derselben Ebene liegen, gleich sind und unter Winkeln von 60° sich schneiden, die vierte aber auf diesen senkrecht steht und denselben nicht gleich ist. Wenn alle drei Axen eines Krystalles gleich sind, so ist jede der-

selben eine Hauptaxe; wenn eine Axe größer oder kleiner als die übrigen einander gleichen ist, so ist diese die Hauptaxe; wenn endlich keine Axe der andern gleich ist, so ist die Wahl der Hauptaxe beliebig, doch muß bei jedem Minerale die einmal angenommne Hauptaxe als solche festgehalten werden.

Wenn die Endpunkte der Hauptaxe in den Mitten zweier einander parallelen Flächen liegen, so heißen diese Endflächen; liegen sie in zwei Ecken, so heißen diese Scheitel; liegen sie in den Mitten zweier Kanten, so heißen diese Gipfelkanten. Flächen, welche einen Scheitel bilden, werden Scheitelflächen genannt, und die zu einem Scheitel gehörigen Kanten Scheitelkanten. Die in einer Gipfelkante sich schneidenden Flächen, nennt man Gipfelflächen. Flächen, welche der Hauptaxe parallel sind, heißen Seitenflächen, so wie der Hauptaxe parallele Kanten Seitenkanten, Seiten genannt werden. Solche Kanten, die mit der Hauptaxe nicht in derselben Ebene liegen heißen Randkanten, Rande. Mehre Randkanten schließen sich den Krystall umringend an einander. Die in die Randkanten fallenden Ecken werden Randecken genannt. Wenn nur eine der Queraxen an beiden Seiten in Ecken ausläuft, so nennt man diese Querscheitel. Bei manchen Gestalten schließen sich an die Endpunkte gewisser Seiten- oder gewisser Gipfelkanten, zuweilen auch, wenn Seiten- und Gipfelkanten sich durchschneiden, an beide zugleich, Ecken an, welche mehr in gleicher horizontaler Lage mit den Endpunkten der Axe sich befinden, während andere Ecken höhere oder niedrigere Standpunkte haben, jene heißen zum Unterschiede von diesen Seitenecken. Nebenkanten sind solche, welche Seitenecken und Querscheitel verbinden.

Nach Anzahl, Lage und Größe der Axen werden nun sämmtliche Krystalle in folgende Systeme abgetheilt:

I. Krystalle mit drei Axen, so daß

1) die drei Axen senkrecht auf einander stehen, und

a) gleich sind: Tesseral-System. Würfel, regelmäßiges Octaëder, Rauten-Dodekaëder, Tetraëder, Pentagon-Dodekaëder.

b) ungleich, aber so, daß noch zwei gleich, aber größer oder kleiner als die dritte sind: Tetragonal-System. Gerade quadratische Säule, quadratisches Octaëder.

c) ungleich, so daß keine der andern gleich ist: Rhombisches System. Gerade rectanguläre Säule, Rhombisches Octaëder, Rectangulär-Octaëder, Rectangulär-Ditetraëder, gerade rhombische Säule.

2) die drei Axen nicht nur rechte, sondern wenigstens einen schiefen Winkel unter einander bilden, dabei ungleich sind.

d) Zwei Axen stehen rechtwinklig auf einander, die dritte ist geneigt gegen diese: Klinorhombisches System. Schiefe rectanguläre Säule, schiefe rhombische Säule, gerade rhomboidische Säule.

c) Keine Axe steht senkrecht auf der andern: **Klinorhomboidisches System.** Schiefe rhomboidische Säule.

II. **Krystalle mit vier Axen.**

f) drei gleiche Axen liegen in derselben Ebene und schneiden sich unter Winkeln von 60°, die vierte Axe ist jenen dreien nicht gleich und steht in ihrem Durchschnittspunkte senkrecht auf ihnen: **Hexagonal-System.** Rhomboëder, regelmäßige sechsseitige Säule, Bipyramidal-Dodekaëder.

Es wird nun nöthig sein die einzelnen **Grundformen**, deren Namen eben angegeben worden, einzeln näher zu beschreiben, wobei zu bemerken, daß (wie schon oben angedeutet wurde) jede Krystallgestalt auf eine dieser Grundformen sich zurückführen lasse, alle Gestalten desselben Systemes bei einem Mineral vorkommen können, nicht aber die Gestalten eines anderen Systemes, daß folglich ein Mineral niemals in den Formen zweier Systeme zugleich krystallisiren könne.

1) Der **Würfel, Cubus,** das **Hexaëder** (Fig. 108.) ist begrenzt von sechs rechtwinklig auf einander stehenden quadratischen Flächen, die 8 rechte Ecken einschließen und sich in 12 Kanten schneiden. Denkt man sich die Mittelpunkte je zweier gegenüberstehender (paralleler) Flächen mit einander verbunden, so erhält man 3 gleiche, im Mittelpunkte des Körpers unter rechten Winkeln sich schneidende Axen. Die Ecken sind alle unter einander gleich, eben so die Kanten.*)

2) Das **regelmäßige Octaëder** (Fig. 109.) ist begrenzt von 8 Flächen, welche gleiche gleichseitige Dreiecke darstellen, unter Winkeln von 109° 18′ 16″ gegen einander geneigt sind und so durch ihre gegenseitige Durchschneidung 12 Kanten bilden, von denen je vier eine der 6 Ecken einschließen, deren ebene Winkel alle = 60° sind. Alle Ecken sind gleich und alle Kanten. Von den sechs Ecken denke man sich je zwei gegenüberstehende durch gerade Linien verbunden, so erhält man drei auf einander senkrechte gleiche Axen. Beim regelmäßigen Octaëder wie beim Würfel fällt wegen der Gleichheit der Ecken und Kanten die Unterscheidung in Scheitel- und Randecken, so wie in Scheitel- und Randkanten weg.

3) Das **Rautendodekaëder** Fig. 110. ist begrenzt von 12 gleichen gleichseitigen Rauten, die unter Winkeln von 120° gegen einander geneigt sind. Die 24 Kanten sind gleich, die Ecken aber verschieden. Von den Winkeln jeder Raute sind nämlich 2 spitz, jeder = 70° 31′ 44″ und zwei stumpf, jeder = 109° 28′ 16″. Von je dreien der stumpfen ebenen Winkel wird eine der 8 einander gleichen und ähnlichen stumpfen Ecken, **Rhomboëder-Scheitel** (E) gebildet. Von je 4 der spitzen ebenen Winkel wird eine der 6 spitzen Ecken, **Octaëder-Scheitel** (A) gebildet. Die letztern gelten als Endpunkte der 3 Axen des Krystalls.

4) Das **regelmäßige Tetraëder** (Fig. 111.) ist umgrenzt von 4 gleichen gleichseitig dreieckigen Flächen, welche unter Winkeln von

*) Die Figur zeigt nur die eine (vordere) Hälfte des Krystalls.

70° 31′ 44″ gegen einander geneigt sind, in 6 gleichen Kanten sich schneiden, und 4 gleiche Ecken (die von drei ebenen 60° großen Winkeln eingeschlossen werden) bilden. Die 3 Axen findet man, wenn man die Mittelpunkte je zweier einander diametral gegenüberstehender Kanten mit einander verbindet.

5) Das Pentagon-Dodekaëder (Fig. 112.) ist begrenzt durch 12 einander gleiche fünfseitige Flächen. Jedes Fünfeck erscheint umschlossen von 4 einander gleichen und einer fünften ungleichen Linie, welche letztere als Basis (Grundlinie) dient. Dieser Körper zeigt 6 Gipfelkanten (Q), jede gebildet durch das Zusammentreffen zweier Fünfecke mit ihren Basen; die drei Ebenen, deren jede durch je zwei einander parallele Gipfelkanten gedacht werden kann, schneiden sich unter Winkeln von 90°. Von den übrigen 24 Kanten, den Scheitelkanten (B), laufen je drei in einen der 8 Scheitel (E) aus. An jedes Ende einer der Gipfelkanten schließen sich zwei Scheitelkanten an; die dadurch bezeichneten 12 Ecken (U) heißen Seitenecken. Zwei ebene Winkel an diesen Ecken sind einander gleich, der dritte ist größer; dasselbe gilt von den Neigungswinkeln, während die Scheitel drei gleiche ebene und drei gleiche Neigungs-Winkel besitzen. Die drei Axen sind die geraden Linien, welche die Mittelpunkte je zweier Gipfelkanten verbinden.

6) Die gerade quadratische Säule (Fig. 113.) ist umgrenzt von 2 gegenüberstehenden parallelen quadratischen Flächen, den Endflächen, und 4, je zwei parallelen, rectangulären Flächen, den Seitenflächen. Die sich schneidenden Flächen stehen alle auf einander senkrecht und je drei schließen zusammen eine der 8 rechten Ecken (Randecken) ein. Jede Endfläche wird von 4 der 8 Randkanten (D) eingeschlossen, und die übrigen 4 unter einander (und mit der Hauptaxe) parallelen Kanten sind Seitenkanten (G). Die 3 Axen findet man, wenn man die Mittelpunkte je zweier paralleler Flächen durch gerade Linien verbindet, diejenige, welche die Endflächen verbindet, ist die Hauptaxe. Die Hauptaxe ist parallel und gleich den Seitenkanten G, die Queraxen sind parallel und gleich den Randkanten D. Die gerade quadratische Säule ist verschieden, je nach dem Verhältnisse von G : D; auch Fig. 114. ist eine gerade quadratische Säule, und ist D = G so verwandelt sich die Säule in einen Würfel.

7) Das quadratische Octaëder (Fig. 115.) ist begrenzt von 8 gleichen gleichschenklich-dreieckigen Flächen. Es hat 8 Scheitelkanten (B), vier obere und vier untere, die unter einander gleich sind, und von denen je 4 eine gleichseitige Raute (innerhalb des Körpers, Durchschnittsebenen) einschließen, und 4 unter einander gleiche Randkanten (D), welche zusammen ein Quadrat (Durchschnittsebene) einschließen. Von den Ecken heißen die 2 einander gegenüberstehenden 4-seitigen Scheitel, dieselben werden von gleichen ebenen Winkeln gebildet, und die Neigungswinkel der sie bildenden Flächen sind ebenfalls gleich. Die 4 übrigen Ecken sind Randecken, dieselben sind von vier gleichen ebenen Winkeln eingeschlossen, aber die sie bildenden Ebenen sind zwiefach verschieden geneigt. Die Hauptaxe ist die beide Scheitel

mit einander verbindende gerade Linie, die beiden (der Hauptaxe ungleichen, unter sich gleichen) Queraxen verbinden je zwei gegenüberstehende Randecken. Ist die Hauptaxe größer als jede der Queraxen, so heißt das quadratische Octaëder spitz, ist sie kleiner, stumpf. Sind die 3 Axen gleich, so verwandelt sich das quadratische Octaëder in ein regelmäßiges Octaëder.

8) Die gerade rectanguläre Säule (Fig. 116.) wird umgränzt von 6 rectangulären Flächen, von denen stets je 2 gegenüberstehende gleich sind, und die aus 2 Endflächen, 2 breiten und 2 schmalen Seitenflächen bestehen. Je 2 sich schneidende Flächen stehen senkrecht auf einander, und die 8 dreiseitigen Ecken, welche sie bilden, sind sämmtlich recht. Die drei Axen findet man, wenn man die Mittelpunkte je zweier gegenüberstehender und paralleler Flächen durch gerade Linien verbindet; von ihnen ist keine der andern gleich. Die 4 der Hauptaxe parallelen und gleichen Kanten, heißen Seiten (G), die 4 der längeren Queraxe parallelen und gleichen Kanten Längenrande (D), die 4 der kürzern Queraxe parallelen und gleichen Kanten Breitenrande (F).

9) Das rhombische Octaëder (Fig. 117.) ist umgrenzt von 8 ungleichschenklig-dreieckigen Flächen. Diese schneiden sich in 12 Kanten, von denen je 4 in einer Ebene liegenden identisch sind, und bilden 6 Ecken, von denen je 2 einander diametral gegenüberstehende gleich und ähnlich sind. Ein Paar dieser Ecken gilt als Scheitelecken, die übrigen 4 sind Randecken. Von diesen aber sind 2 gegenüberstehende spitz und die beiden andern stumpf. Vier Scheitelkanten schließen jeden der 2 Scheitel ein, und von diesen sind 2 scharf (weil die Neigungswinkel der sie bildenden Flächen spitz sind — B) und 2 stumpf (weil der Neigungswinkel der sie bildenden Flächen stumpf ist — C). Die vier übrigen Kanten sind Rande (D). Je 4 der gleichnamigen Kanten schließen einen Rhombus ein (Durchschnittsebenen) und man erhält so drei verschiedene Rhomben. Die drei ungleichen Axen findet man, wenn man je zwei gegenüberstehende Ecken durch gerade Linien verbindet.

10) Das rectanguläre Octaëder (Fig. 118.) wird umgrenzt von 8 gleichschenklig-dreieckigen Flächen. Bei allen 8 Dreiecken sind die Schenkel gleich, die Grundlinien aber verschieden, es sind daher vier große und vier kleine unter sich gleiche Dreiecke. Die zwei Ecken, welche durch je 4 der gleichen Scheitelkanten (B) gebildet werden, sind die Scheitel und eine sie verbindende gerade Linie ist die Axe des Körpers. Die vier andern Ecken sind Randecken, und von den vier Randkanten sind 2 Längenrande (D) und 2 Breitenrande (F). Die geraden Linien, welche die Mittelpunkte je zweier gegenüberstehender Randkanten verbinden, sind die größere und die kleinere Queraxe. Alle 4 Randkanten bilden zusammen einen Rectangel.

11) Das rectanguläre Ditetraëder (Fig. 119.) ist von 8 gleichschenklig-dreieckigen Flächen umgrenzt. Diese schneiden sich in 12 Kanten, von denen zwei Gipfelkanten (Q) sind, deren Mittelpunkte durch die Hauptaxe des Körpers verbunden werden, zwei Seiten (G),

und 8 gleichnamige Nebenkanten (R). Die vier Flächen, von denen je 2 in einer Gipfelkante sich schneiden, heißen Gipfelflächen, die vier anderen sind Seitenflächen. Durch je zwei Gipfelflächen und zwei Seitenflächen, werden 4 Seitenecken gebildet, und durch je 4 Seitenflächen 2 Querscheitel. Die beide letzteren verbindende gerade Linie ist eine der beiden Queraxen, während die dritte Axe (die zweite Queraxe) die Mittelpunkte der Seiten (G) verbindet.

12) Die gerade rhombische Säule (Fig. 120.) ist von 6 viereckigen Flächen begrenzt, von denen 2 rhombische Endflächen sind, 4 rectanguläre Seitenflächen. Von den 12 Kanten, sind 8 Randkanten (D), 4 Seiten, und zwar sind zwei dieser letzteren stumpf (H) und zwei scharf (G). Von den 8 Ecken (Randecken) sind 4 spitz (nämlich diejenigen, nach welchen die spitzen Winkel der beiden rhombischen Endflächen fallen) und die 4 anderen stumpf. Die Hauptaxe verbindet die Mittelpunkte beider Endflächen; die Längenqueraxe verbindet die Mittelpunkte der beiden scharfen Seiten (G); die Breitenqueraxe verbindet die Mittelpunkte der beiden stumpfen Seiten.

13) Die schiefe rectanguläre Säule (Fig. 121.) ist von 6 viereckigen Flächen eingeschlossen, von denen 2 rectanguläre Endflächen, 2 rectanguläre und 2 rhomboidische Seitenflächen sind. Von den 8 Ecken sind 4 spitz, nämlich die, wo die spitzen Winkel der zwei Rhomboide hinfallen, und 4 stumpf. Von den 12 Kanten sind 4 gleichnamige Seiten (G), 2 gleiche je zwei stumpfe Ecken verbindende stumpfe Randkanten (K) und 2 unter einander und jenen gleiche je zwei spitze Ecken verbindende scharfe Randkanten, endlich 4 gleiche Nebenrande (N). Die Mittelpunkte beider Endflächen werden durch die Hauptaxe verbunden, und diese ist gleich den Seiten (O); die eine Queraxe verbindet die Mittelpunkte der stumpfen Kanten (K) und ist gleich der beide stumpfen Winkel eines der Rhomboide verbindenden Diagonale, die zweite Queraxe ist eine die Mittelpunkte beider Rhomboide verbindende Linie und gleich den stumpfen Kanten (K).

14) Die schiefe rhombische Säule (Fig. 122. u. Fig. 123.) ist von sechs viereckigen Flächen umgrenzt, von denen 2 rhombische Endflächen, 4 rhomboidische Seitenflächen sind. Von den 8 Ecken sind 2 einander diametral gegenüberstehende stumpf (O) und 2 andere ebenfalls diametral einander gegenüberstehende spitz (I), 4 endlich gleich und heißen Seitenecken (U). Die 12 Kanten werden eingetheilt in Randkanten und zwar in 4 scharfe (welche eine spitze und eine Seiten-Ecke verbinden — D) und 4 stumpfe (welche eine stumpfe und eine Seiten-Ecke verbinden — K), und in Seiten und zwar in 2 Mittelseiten (welche eine stumpfe mit einer spitzen Ecke verbinden — S) und 2 Nebenseiten, welche 2 Seitenecken verbinden. Die Hauptaxe verbindet die Mittelpunkte der Endflächen, und ist gleich den Seiten, die Queraxen verbinden die Mitten je zweier gegenüberstehender Seiten und sind gleich den Diagonalen der Rhomben.

15) Die gerade rhomboidische Säule (Fig. 124.) ist von 6

viereckigen Flächen umgrenzt, von denen 2 rhomboidische Endflächen, 2 größere und 2 kleinere rectanguläre Seitenflächen sind. Von den 8 Ecken sind 4 spitz (auf welche die spitzen Winkel der Rhomboide fallen) und die 4 andern stumpf. Von den 12 Kanten sind 8 Randkanten und zwar 4 Längenrande (D) und 4 Breitenrande (F), in denen sich die betreffenden Ebenen unter rechten Winkeln schneiden, und 4 Seiten, von denen 2 scharf (welche zwei spitze Ecken verbinden — G) und die 2 andern stumpf (H) sind. Die Hauptaxe verbindet die Mittelpunkte beider Endflächen, und ist den Seiten gleich, die Queraxen verbinden die Mitten der gegenüberstehenden Seitenflächen und gleichen den Längen- und Breitenranden.

16) Die schiefe rhomboidische Säule (Fig. 125.) ist von 6 rhomboidischen Flächen eingeschlossen, von denen 2 Endflächen, 2 große Seitenflächen und 2 kleine Seitenflächen sind. Die drei in einer Ecke sich verbindenden Kanten weichen von einander ab, eben so die drei in einer Ecke zusammenstoßenden ebenen Winkel, so wie die drei Neigungswinkel. Die vier eine Endfläche umgebenden Kanten, Randkanten, sind verschieden von einander in Beziehung auf Länge und hinsichtlich der Neigungswinkel oder der ebenen Winkel, welche an ihre Endpunkte sich anschließen. Man muß daher unterscheiden: einen oberen und einen unteren scharfen Längenrand (D); einen oberen und einen unteren stumpfen Längenrand (K); einen oberen und einen unteren scharfen (F) und einen oberen und einen unteren stumpfen Breitenrand (L). Die Seiten sind scharfe (G) oder stumpfe (H). Von den Ecken sind je zwei, einander diametral entgegenstehende, die spitzigsten, daher spitze Ecken (I), denen auf den Endflächen diagonal gegenüber die stumpfen Ecken (O) liegen. Die vier übrigen Ecken sind Seitenecken, zwei von ihnen stumpf (Y) und zwei spitz (U). Die Hauptaxe liegt zwischen den Mittelpunkten beider Endflächen, die Queraxen können zwischen den Seiten oder zwischen den Seitenflächen angenommen werden.

17) Das Rhomboëder (Fig. 126. u. Fig. 127.) ist von 6 gleichnamigen rhombischen Flächen umgrenzt. Dasselbe hat 2 Scheitel (E), von denen jeder durch drei gleiche ebene Winkel gebildet wird, und 6 Randecken, jede gebildet durch 2 gleiche ebene Winkel und einen dritten von diesen verschiedenen den Winkeln am Scheitel gleichen Winkel. Es hat 6 Scheitelkanten (B) und 6 Randkanten (D). Zwischen beiden Scheiteln eine gerade Linie gezogen, gibt die Hauptaxe, nach welcher je nachdem sie hoch oder spitzig ist, das Rhomboëder spitz oder stumpf genannt wird. Jede der drei Queraxen ist gleich dem doppelten Perpendikel von der Randecke, oder vom Mittelpunkte der Randkante auf die Hauptaxe.

18) Die regelmäßige sechsseitige Säule (Fig. 128.) ist von 6 viereckigen und 2 sechseckigen Flächen begrenzt. Die letzteren sind 2 Endflächen, regelmäßige Sechsecke mit Winkeln von 120 Grad. Die 6 Seitenflächen sind Rechtecke, und schneiden sich in den 6 Seiten (G), und jede Endfläche wird von 6 gleichnamigen Randkanten (D) eingeschlossen. Alle 12 Ecken sind identisch und

jede derselben ist zusammengesetzt aus einem ebenen Winkel von 120° und zweien von 90°. Die Mittelpunkte beider Endflächen werden durch die Hauptaxe verbunden, durch die Mittelpunkte je zweier gegenüberstehender Seitenflächen gehen die drei Queraxen.

19) Das ebenrandige Bipyramidal-Dodekaëder (Fig. 129.) ist von 12 triangulären Flächen umgrenzt, welche sämmtlich identisch und gleichschenklige Dreiecke sind. Dasselbe hat 2 Scheitel, deren jeder durch 6 Scheitelkanten (B) gebildet wird. Sechs Randkanten (D) verbinden die 6 Randecken. Die Hauptaxe ist die beide Scheitel verbindende gerade Linie und als die drei Queraxen können entweder die Verbindungslinien der Mittelpunkte je zweier gegenüberstehender Randkanten, oder je zweier gegenüberstehender Randecken betrachtet werden.

Auf diese jetzt eben angeführten Grundformen lassen sich nun alle in der Natur vorkommenden Krystallkörper zurückführen, und zwar so, daß wenn sie in ihrer Gestalt Abweichungen zeigen, man diese erklärt als entstanden dadurch, daß Kanten oder Ecken einer Grundform durch Ebenen ersetzt oder abgeschnitten worden sind. So z. B. entsteht, wenn man die Ecken des Würfels durch kleine Ebenen ersetzt, eine Gestallt, wie sie Fig. 130. darstellt, werden diese Schnittebenen immer größer, so verschwinden endlich die ursprünglichen Flächen des Hexaëders ganz und man erhält ein regelmäßiges Octaëder.

Da die drei Dimensionen des Körpers am einfachsten ausgedrückt sind am rechtwinkligen Parallelepipedum, so hat v. Leonhard alle Krystallformen von dieser Einen Urform abgeleitet, als entstanden durch Wegnahme von Ecken und Kanten nach einem allgemein gültigen Gesetze. Ein Parallelepipedum ist ein von 6 parallelogrammatischen Flächen begrenzter Körper mit 12 Kanten und 8 Ecken. Sind die Parallelogramme sämmtlich Rechtecke, die Ecken also rechte Ecken, so hat man ein rechtwinkliges Parallelepipedum. Das allgemeine Gesetz, nach welchem aus diesem Urparallelepipedum durch Wegnahme von Kanten (Entkantung) oder von Ecken (Enteckung) die übrigen Krystallformen entstehen, ist das Ebenmaßgesetz, welches sich so ausdrücken läßt:

Alle identischen Theile des Urparallelepipedums müssen beim Werden anderer Krystallgestalten zugleich und auf einerlei Weise dieselben Aenderungen erleiden; d. h. Flächen, welche neu hinzukommen zu denen der parallelepipedischen Stammform müssen sich an allen unter einander gleichen und ähnlichen Stellen wiederholen. Dieses Gesetz ist durch Hauy entdeckt worden. Mit demselben steht in genauem Zusammenhange ein anderes Gesetz, nach welchem die Neigungswinkel, welche hinzukommende schiefe Flächen unter einander und mit den Flächen des Urparallelepipedums machen, von dem Verhältnisse der drei bedingenden Dimensionen (ausgedrückt durch die 3 Axen) abhängen. Man kann sich durch das Stammparallelepipedum Schnittflächen gelegt denken durch 3 Ecken, wie BGF in Fig. 131., ferner durch 4 Ecken wie ABFE, und ähnliche Schnittflächen können durch das verdoppelte, verdreifachte u. s. w. Stamm-

parallelepipedum durch 3 oder 4 Ecken gelegt angenommen werden; diesen Schnittflächen sind die schiefen Flächen parallel.

Beim rechtwinkligen Parallelepipedum sind entweder alle 3 Dimensionen gleich, dann ist es ein **Würfel**, oder nur 2 sind gleich, dann ist es eine **gerade quadratische Säule**, oder endlich keine der 3 Dimensionen ist der andern gleich, so ist es eine **gerade rectanguläre Säule**.

Die im rechtwinkligen Parallelepipedum möglichen Schnittebenen, sind entweder einer der Stammflächen parallel (Fig. 132.); oder einer der Kanten parallel (Fig. 133.); oder endlich weder einer Kante noch einer Fläche parallel (Fig. 134.). Nur in den beiden letzten Fällen entstehen schiefe Flächen, und der in Fig. 133. abgebildete Fall heißt **Entkantung**, der in Fig. 134. dargestellte **Enteckung**. Die Entkantung eines Längenrandes heißt **Entlängenrandung**, eines Breitenrandes: **Entbreitenrandung**, einer Seite: **Entseitung**. Nach dem Ebenmaßgesetze muß bei Hinwegnahme einer Ecke an einem Würfel die neue Fläche gegen jede der 3 Flächen des Würfels, die sie durchschneidet, gleich geneigt sein, wenn nur **Eine** Fläche entstehen soll; wäre sie gegen jede dieser 3 Flächen ungleich geneigt, so müßten 3 neue Flächen entstehen. Durch Enteckung des Würfels entsteht der **enteckte Würfel** (das **Cubo-Octaëder**), und wenn die neuen Flächen bis zum Verschwinden der Würfelflächen vortreten: das **regelmäßige Octaëder** (s. oben). Durch Entkantung des Würfels entsteht nach demselben Gesetze der **entkantete Würfel** (**Cubo-Dodekaëder**) und beim Verschwinden der Würfelflächen das **Rauten-Dodekaëder**.

Aehnliche Veränderungen treten bei der geraden quadratischen Säule auf. Nach dem Ebenmaßgesetz darf aber bei Hinwegnahme der Ecken, wenn nur Eine schiefe Fläche entstehen soll, diese nicht gegen alle drei ursprünglichen Flächen gleich geneigt sein, weil diese nicht identisch sind, sondern diese Gleichheit der Neigung muß nur in Bezug auf die zwei identischen Seitenflächen stattfinden, gegen die Endfläche muß die Neigung gemäß der Höhe der Säule verschieden sein. Durch Hinwegnahme der Ecken bis zum Verschwinden der ursprünglichen Flächen, entsteht so das **quadratische Octaëder**. Das Wegnehmen Einer Randkante erfordert das Verschwinden aller Randkanten, aber nicht der Seitenkanten, und eben so das Wegnehmen einer Seitenkante das Verschwinden aller Seitenkanten, aber nicht das der Randkanten. Bei der Wegnahme der Randkanten durch eine schiefe Ebene muß diese verschieden geneigt sein gegen die betreffende Seitenfläche und die Endfläche, und geschieht diese Entkantung bis zum Verschwinden der ursprünglichen Flächen, so erhält man ebenfalls ein **quadratisches Octaëder**. — Bei der Entseitung der geraden quadratischen Säule muß die Schnittebene gleich geneigt sein gegen die Seitenflächen (wegen der Gleichheit derselben), man erhält eine gleichwinklige **achtseitige Säule** und bei der Entseitung bis zum Verschwinden der ursprünglichen Seitenflächen eine **neue quadratische Säule**.

Da bei der geraden rectangulären Säule die drei Hauptdimensio-

nen verschieden, also je zwei sich schneidende Flächen nicht identisch sind, so muß eine schiefe enteckende Fläche gegen jede der drei ursprünglichen Flächen verschieden geneigt sein und eben so muß jede entkantende Fläche gegen jede von ihr geschnittene ursprüngliche Fläche eine andere Neigung haben. Durch Enteckung bis zum Verschwinden der Kernflächen, erhält man das rhombische Octaëder; durch Entseitung bis zum Verschwinden der ursprünglichen Flächen: die gerade rhombische Säule. — Wenn die gerade rectanguläre Säule ein solches Verhältniß ihrer Länge zu ihrer Breite hat, daß bei Hinwegnahme der Seitenkanten bis zum Verschwinden der Seitenflächen nach dem Ebenmaßgesetz, eine rhombische Säule mit Winkeln von 120° und 60° entsteht, und die scharfen Seitenkanten nicht ausgebildet sind, sondern statt derselben noch Reste der Stammflächen vorhanden sind, die den neuen Flächen gleich sind, so erhält man die regelmäßige sechsseitige Säule. — Wird diese entrandet oder enteckt bis zum Verschwinden sämmtlicher Stammflächen, so erhält man das ebenrandige Bipyramidal-Dodekaëder. — Nimmt man die Randkanten der geraden rectangulären Säule bis zum Verschwinden der ursprünglichen weg, so entsteht das Rectangulär-Octaëder, und durch Wegnahme der Längenrande oder Breitenrande, zugleich der Seiten, erhält man beim Verschwinden der Stammflächen das rectanguläre Ditetraëder.

Die hier gegebenen Ableitungen sind allein durch das angeführte Ebenmaßgesetz bestimmt. Es kommen indeß Krystallgestalten hervor zu deren Ableitung das Ebenmaßgesetz nicht ausreicht, bei deren Bildung dieses Gesetz sogar verletzt erscheint. Zu Erklärung dieser Gestalten nimmt man das sogenannte Gesetz der Krystallisations-Polarität zu Hilfe. Leonhard sagt, es trete eine doppelte Abweichung (vom Gesetze des Ebenmaßes) ein:

1) Gewisse Theile eines rechtwinkligen Parallelepipedums, welche einander diametral entgegenstehen, daher identisch sind, verhalten sich dennoch, in Absicht einer oder der andern der möglichen Modificationen (Enteckung, Entkantung) als verschiedene, während dieselben, einander diagonal gegenüberliegenden Theile, als gleichartige sich darthun.*)

2) Oder umgekehrt, die diametral entgegenstehenden Theile ähnlicher Art verhalten sich als identische, indessen die diagonal sich gegenüberliegenden verschiedenartige Abänderungen erleiden. So z. B. nach der ersten Modification des Polaritätsgesetzes tritt beim Würfel eine Enteckung ein wie Fig. 135. sie darstellt, und geht diese Enteckung bis zum Verschwinden der ursprünglichen Flächen des Würfels, so erhält man das regelmäßige Tetraëder. Auch das Pentagon-Dodekaëder wird mittelst des Polaritätsgesetzes von dem Wür-

*) In Fig. 134. z. B. stehen die Ecken y und u einander diametral gegenüber, während die Ecken y und x diagonal einander gegenüberstehen; ebenso steht die Kante xv der Kante zw diametral, der Kante ty aber diagonal gegenüber.

fel abgeleitet; die schiefe rhombische Säule nach der zweiten Modification des Polaritätsgesetzes von der geraden rectangulären Säule. — Schneidet man die stumpfen und scharfen Seitenkanten der schiefen rhombischen Säule bis zum Verschwinden der ursprünglichen Flächen weg, so erhält man die schiefe rectanguläre Säule. — Nimmt man an der geraden rectangulären Säule die Seitenkanten hinweg, so entsteht die gerade rhomboidische Säule. Nach dem Polaritätsgesetze entspringt aus der geraden rhombischen Säule durch Wegnahme der spitzen oder stumpfen Ecken die schiefe rhomboidische Säule. — Aus der regelmäßigen sechsseitigen Säule endlich entsteht bei Wegnahme der Ecken oder Randkanten, nach dem Polaritätsgesetze, wenn sich die identischen diagonal entgegenstehenden Theile verschiedenartig verhalten, beim Verschwinden der Stammflächen, das Rhomboëder.

Es wurde schon oben erwähnt, daß die individualisirende Gestaltung der Krystalle nicht bloß äußerlich sei, sondern auch in das Innere gehe. Sehr viele Krystalle lassen sich nämlich in Richtungen (Ebenen) einer oder der anderen ihrer äußeren Flächen parallel bis zu den dünnsten Blättchen spalten, haben also einen bestimmten Blätterdurchgang, ein regelmäßiges Gefüge. In jeder anderen Richtung setzen sie einer trennenden Kraft größeren Widerstand entgegen, und wird diese mit Gewalt überwunden, so entstehen nicht wie bei dem Schnitt in der Richtung des Blätterdurchganges ebene, sondern unregelmäßige Bruchflächen. Diese Regelmäßigkeit eines bestimmten Gefüges zeigt sich nicht allein bei Krystallen, sondern auch bei andern äußerlich nicht regelmäßig begrenzten Fossilien. Man nennt diese krystallinisch-blätterige Mineralien.

Nicht nur parallel mit Einer seiner Flächen hat jedoch ein Krystall Durchgänge, sondern zuweilen parallel mit allen seinen Flächen, zuweilen nur mit einigen derselben. Man unterscheidet Hauptdurchgänge, welche stets die deutlichsten sind, und Nebendurchgänge, welche mehr zufällig erscheinen. Je größer die Mannigfaltigkeit verschiedenartiger Krystallflächen an einem Mineralkörper ist, desto größer ist auch die Anzahl der verschiedenartigen Durchgänge. Die Durchgänge scheinen bei allen Krystallen vorhanden zu sein, bei einigen läßt sich aber die Spaltung nach den Durchgängen mechanisch (mit Messer, Meisel, Ambos, Hammer u. s. w.) leichter ausführen als bei anderen. Einige Krystalle werden leichter spaltbar, wenn man sie glüht und dann in Wasser schnell ablöscht. Bei noch anderen kann man die Spaltung nicht ausführen, aber das Vorhandensein der Durchgänge läßt sich aus der Reflection von Lichtstrahlen wahrnehmen.

Durch künstliches Spalten nach den Durchgängen erhält man regelmäßige von Ebenen begrenzte Körper, welche man Kernformen nennt, und von denen man dann die äußeren (verschiedenen) Gestalten, in welchen eine Substanz krystallisirt erscheint, ableitet.

Leonhard führt folgende nach der Anzahl von Reihen der Durchgänge, wodurch Körper begrenzt werden, sich ergebende Verschiedenheiten an.

1) Vier Hauptdurchgänge schneiden sich, keiner ist dem andern pa-

rallel, alle vier einander gleich, parallel einem jeden derselben nur eine Fläche (regelmäßiges Tetraëder).

2) Drei gleichartige, unter rechten oder schiefen Winkeln einander schneidende Hauptdurchgänge (Würfel und Rhomboëder).

3) Zwei gleichartige Hauptdurchgänge, einander schneidend unter rechten oder schiefen Winkeln, und ein dritter, von jenen verschiedener, beide unter rechten oder schiefen Winkeln durchschneidend, parallel jeder Durchgangsreihe zwei Flächen genommen (gerade quadratische, gerade rhombische und schiefe rhombische Säulen).

4) Drei verschiedenartige Reihen von Durchgängen, die einander unter rechten oder schiefen Winkeln durchschneiden, parallel jeder zwei Flächen genommen (gerade rectanguläre, schiefe rectanguläre, gerade rhomboidische, schiefe rhomboidische Säulen).

5) Vier gleichartige Reihen von Durchgängen, die einander schneiden unter schiefen Winkeln, parallel jeder Reihe zwei Flächen genommen (regelmäßiges, quadratisches, rhombisches Octaëder).

6) Vier Reihen Durchgänge, je zwei identisch, parallel jeder Reihe zwei Flächen (Rectangulär-Octaëder, rectanguläres und rhomboidisches Ditetraëder).

7) Drei gleichartige Reihen Durchgänge, einander schneidend unter Winkeln von 60° und 120°, sämmtlich aber senkrecht auf eine vierte davon verschiedene Reihe (sechsseitige Säule).

8) Sechs gleichartige Reihen von Durchgängen (Rauten-Pentagon- und ebenrandiges Triangulär-Dodekaëder).

Sämmtliche Krystallgestalten einer Substanz werden auf die Kernform derselben zurückgeführt, d. h. man betrachtet jene mannigfaltigen Gebilde als entstanden durch Schnitte, welche Kanten oder Ecken der Kernform hinwegnehmen. Um nun die Beziehung jeder einzelnen Gestalt zur Kernform auszudrücken, bedient man sich eigenthümlicher Ausdrücke, einer eigenen Kunstsprache. Verschiedene Krystallographen haben sich verschiedener Ausdrucksweisen bedient. Bei der im Vorhergehenden gegebenen Ableitung der verschiedenen Grundformen von einander haben wir uns der Leonhard'schen Ausdrucksweise bedient, daher wird es nöthig sein auf diese hier noch näher einzugehen. Leonhard selbst spricht sich über dieselbe aus, wie folgt.

Ecken und Kanten aller Kernformen sind benannt worden. Sollen Modificationen ausgedrückt werden, einen jener Theile betroffen habend, so verwandelt man den Namen der umgeänderten Ecke oder Kante mit Vorsetzung der Sylbe ent in ein Participium. — Beispiele: entkanteter, oder enteckter Würfel; entscheiteltes, oder entscheitelkantetes Rhomboëder; entrandetes quadratisches Octaëder; entseitete quadratische oder sechsseitige Säule u. s. w. — Finden sich an der Stelle eines und desselben Theiles mehre neue Flächen, so muß dem bezeichnenden Participium eine Versammlungszahl beigesetzt werden z. B. zweifach, dreifach u. s. w., wobei in manchen Fällen eine Angabe der Richtung jener schiefen Flächen nöthig ist; man sagt: in der Richtung dieser oder jener Flächen, dieser oder jener Kanten. (Beispiele: Rhomboëder, dreifach entscheitelt in der Richtung der Flächen; Rhomboëder, dreifach ent-

scheitelt in der Richtung der Scheitelkanten; Rauten-Dodekaëder, vierfach entoctaëderscheitelt; zweifach entkanteter Würfel u. s. w.) — Liegen die abgeleiteten Flächen der Axe parallel bei Rhomboëdern und Octaëdern (das regelmäßige ausgenommen), wodurch aus jenen Kernformen säulenartige Körper werden, so fügt man dem Beschreibungsworte der stattgefundenen Modification die Bestimmung bei: zur Säule. (Beispiele: quadratisches Octaëder entrandet, — oder entrandeckt — zur Säule u. s. w.) — Vereinigen sich die abgeleiteten Flächen zweier entgegengesetzten Theile in eine Kante, über einer Kernfläche oder Kante liegend, welcher jene beiden Theile angehören, so wird der Ausdruck noch näher bestimmt durch den Beisatz: zur Schärfung über dieser oder jener Fläche oder Kante. Beispiele: gerade rectanguläre Säule, entlängenrandet zur Schärfung über den Endflächen; gerade rhombische Säule, entspitzeckt zur Schärfung über den Endflächen oder: zur Schärfung der Enden. — Wenn die auf mehren Ecken oder Kanten entstehenden abgeleiteten Flächen sich vereinigen in eine Spitze, so sagt man: enteckt, oder entrandet zur Spitzung u. s. w. (Beispiele: gerade quadratische — oder sechsseitige — Säule, enteckt oder entrandet zur Spitzung.) — Greift die Aenderung der Kernform so tief ein in dieselbe, daß von ihren Flächen auf dem Aeußern des Krystalls keine mehr vorhanden, so heißt es: die Modification habe stattgefunden bis zum Verschwinden der Kernflächen. (Beispiele: Rhomboëder, entscheitelkantet zum Verschwinden der Kernflächen — gibt ein neues stumpferes Rhomboëder —; quadratisches Octaëder, zweifach entrandeckt in der Richtung der Scheitelkanten, zum Verschwinden der Kernflächen — führt ein spitzeres quadratisches Octaëder herbei.) — Zur Unterscheidung zweier abgeleiteten Flächen einerlei Art (d. h. entstanden auf einer und derselben Kante oder Ecke, nur mit verschiedener Lage gegen die Kernflächen) wird erfordert die Angabe des Schnitt-Gesetzes, die Lage der schiefen Flächen bestimmend.

Da es hier allein darauf ankommt, die bei den Krystallen stattfindende Gesetzmäßigkeit zur deutlichen Anschauung zu bringen, so wie die Art und Weise anzudeuten, in welcher die Gestalten betrachtet und auf einander bezogen werden, würde es überflüßig sein, auf die verschiedenen Ableitungsweisen verschiedener Physiker einzugehen*). Das

*) Nach Mohs gibt es folgende 7 Krystallsysteme, denen 7 verschiedene Grundgestalten entsprechen:

1) das tessularische System; Grundgestalt: das Hexaëder;
2) das rhomboëdrische System; Grundgestalt: das Rhomboëder.
3) das pyramidale System; Grundgestalt: die gleichkantige vierseitige Pyramide;
4) das orthotype System; Grundgestalt: das Orthotyp (gerade, ungleichkantige, vierseitige Pyramide);
5) das hemiorthotype System; Grundgestalt: das Hemiorthotyp (schiefe, ungleichkantige, vierseitige Pyramide, mit Abweichung der Axe in die Ebene einer Diagonale);

Vorhergehende wird hinreichend jenen Zweck erfüllen. Nur über die Krystallbildung wie sie in der Natur und in der Kunst (der Chemie) vorkommt, dürften noch einige nach dem Vorhergehenden leichter verständliche Notizen mitzutheilen sein.

Es ist schon zu Anfang dieses Artikels bemerkt worden, daß die Krystallform einen Stoff charakterisire. Es gibt aber nur eine sehr beschränkte Anzahl von Kerngestalten, von denen die mannigfaltigsten Gestaltungen einer sehr großen Anzahl von Stoffen abgeleitet werden. Es ist daher sehr natürlich, daß verschiedene Stoffe dieselbe Grundform, und daher möglicher Weise auch dieselben abgeleiteten Formen haben. Bei denjenigen Systemen, in denen Verschiedenheit der Axen stattfindet, ist eine ins Unendliche gehende Mannigfaltigkeit der Verhältnisse der Axen gegen einander möglich; daher werden die einzelnen Stoffe, welche dieselbe Grundform haben, in Bezug auf Axenverhältniß, und darum auch in Bezug auf Größe der Winkel verschieden von einander sein können. Ein ähnlicher Unterschied findet aber nicht statt bei Stoffen, deren Krystalle dem Systeme angehören, in welchem die 3 Axen gleich sind. Der Würfel des Kochsalzes z. B. ist dem des Flußspathes, Analcim's, Bleiglanzes u. s. f. gleich. Aber auch in anderen Systemen gibt es Stoffe, deren Krystalle keine oder doch nur sehr geringe Winkelverschiedenheiten zeigen. So z. B. betragen die Winkel der Scheitelkanten des Rhomboëders des Kalkspathes 105° 5′, des Manganspathes 106° 51′, des Eisenspathes 107° 2′, des Bitterspathes 107° 22′ und des Zinkspathes 107° 40′. Nun zeigt sich ferner, daß bei denjenigen Stoffen von derselben Krystallgrundform, bei welchen eine Verwandtschaft hinsichtlich der Winkel stattfindet, häufig (aber nicht immer) auch Verwandschaft in Bezug auf chemische Zusammensetzung vorhanden ist. So z. B. ist in den angeführten Spathen immer 1 Mischungsgewicht Kohlensäure mit 1 Mischungsgewicht Basis (Kalk, oder Manganoxydul, oder Eisenoxydul, oder Kalk und Bittererde zugleich, oder Zinkoxyd) verbunden.

Mitscherlich nennt nun diejenigen Stoffe, welche für sich Krystallgestalten von keiner oder geringer Winkelverschiedenheit zeigen und welche in gleichem Verhältnisse mit denselben anderen Stoffen verbunden, dieselben oder sehr ähnliche Krystallgestalten geben: isomorphe (griech., gleichgestaltet) Stoffe. Zuweilen sind die Krystallformen der unvermischten Stoffe nicht bekannt, man nimmt sie jedoch als isomorph an, wenn in den chemischen Verbindungen einer für den andern eintreten kann, ohne daß die Krystallform geändert wird. Haben wir z. B. drei Stoffe A, B, C und zeigt eine Verbindung von m Ato-

---

6) das hemianorthotype System; Grundgestalt: das Hemianorthotyp (schiefe, ungleichkantige, vierseitige Pyramide, mit Abweichung der Axe in die Ebene beider Diagonalen);

7) das anorthotype System; Grundgestalt: das Anorthotyp (schiefe, ungleichkantige, vierseitige Pyramide, mit Abweichung der Axe in der Ebene beider schief auf einanderstehenden Diagonalen).

men A mit n Atomen C dieselbe Krystallform wie m Atome B mit n Atomen C, so heißen A und B isomorph. Auf diese Weise sind Schwefel, Selen, Chlor isomorph. Andere isomorphe Stoffe sind: Natron und Silberoxyd; ferner Calcium, Magnium, Mangan, Zink, Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer, Baryum, Strontium, Blei; ferner Alaunerde, Eisenoxyd, Marganoxyd, Chromoxydul; ferner Platin, Palladium, Iridium, Osmium; u. a.

Dem Isomorphismus steht entgegen der Dimorphismus und Trimorphismus, (griech., Zweigestaltigkeit und Dreigestaltigkeit). Es gibt nämlich Substanzen, welche abweichen von der allgemeinen Regel: daß alle Krystalle desselben Stoffes von Einer gemeinschaftlichen Grundform abgeleitet werden können. Vielmehr zeigen einige Stoffe Krystallgestalten, welche verschiedenen Systemen angehören, oder doch von so großen Winkelverschiedenheiten sind, daß sie nicht von Einer Grundform abgeleitet werden können. Muß man daher bei einer Substanz zwei Grundformen annehmen, so nennt man sie dimorph, muß man deren drei annehmen, trimorph. Auch auf diese Erscheinungen des Dimorphismus und Trimorphismus hat zuerst Mitscherlich aufmerksam gemacht. Beispiel des Dimorphismus gibt der Kohlenstoff, welcher im Diamant zur Grundform der Krystalle das regelmäßige Octaëder hat, im Graphit dagegen die sechsseitige Säule. Titanoxyd kommt als Anatas und als Rutil vor; die Krystalle dieser beiden Mineralien gehören zwar demselben Systeme an, lassen sich aber wegen Winkelverschiedenheit nicht auf dieselbe Grundform zurückführen. Der Schwefel kommt in der Natur in rhombischen Octaëdern krystallisirt vor, und solche Krystalle erhält man auch wenn man die Auflösung von Schwefel im Schwefelkohlenstoff der Kälte aussetzt. Wenn man den Schwefel schmilzt und dann langsam erkalten läßt, nach einiger Zeit den noch flüssigen Theil abgießt, so erhält man nach Mitscherlich schiefe rhombische Säulen von ganz anderen Winkeln, welche einem anderen Systeme angehören. Die näheren Untersuchungen dimorpher Krystallbildungen haben es wahrscheinlich gemacht, daß diese verschiedenen Krystallbildungen immer bei verschiedenen Temperaturen eintreten. Von trimorphen Substanzen gibt schwefelsaures Nickeloxyd ein Beispiel, welches aus der wässrigen Lösung unter 15° C. in rhombischen Säulen, zwischen 15 und 20° in quadratischen Octaëdern anschießt und über 30° in schiefen rhombischen Säulen krystallisirt. Setzt man die rhombischen Säulen im Sommer einige Tage dem Sonnenlichte aus, so geht äußerlich keine Veränderung mit ihnen vor, beim Zerbrechen zeigen sie sich aber aus lauter quadratischen Octaëdern zusammengesetzt, welche zuweilen einige Linien groß sind. Aehnliches ist auch bei anderen mehrgestaltigen Stoffen beobachtet worden, nämlich daß die bei einer gewissen Temperatur erzeugten Krystalle bei einer veränderten Temperatur in ein Aggregat von Krystallen eines anderen Systemes übergehen.

Pulverförmige, einer Auflösung mechanisch beigemengte Stoffe bringen keine Veränderung der Krystallform hervor, noch hindern oder stören sie die Krystallbildung; sie setzen sich bei der Krystallisation entweder am Boden des Gefäßes ab oder werden in die Krystalle aufge-

nommen. Sie können sogar günstig auf die Krystallbildung wirken, indem sie als Anlegepunkte für die festwerdende Masse dienen. (Vergl. d. Obige.)

Wenn man zwei Krystalle derselben Substanz von verschiedener aber einfacher Form (nicht abgeleiteter Formen derselben Grundform) auflöst und die Lösung wieder zum Krystallisiren bringt, so erhält man gewöhnlich Gestalten, welche die beiden früheren Formen vereinigt enthalten. So z. B. fand Beudant, daß Alaun auf diese Weise in Kubooctaëdern krystallisirt, wenn in die Auflösung Würfelkrystalle und Octaëderkrystalle gebracht worden waren.

Bringt man in gesättigte Auflösung eines Salzes, welches die Fähigkeit hat in einer gewissen Form zu krystallisiren, einen Krystall desselben Salzes von anderer Gestalt, so wird dieser mit neuer Krystallmasse umhüllt, und nimmt auf diese Weise eine Form an, welche dem aufgelösten Salze entspricht. Leblanc brachte kubische Alaunkrystalle in eine Auflösung octaëdrischer Alaunkrystalle, und fand nun die kubischen Krystalle durch die sie umgebende Masse in octaëdrische verwandelt. In der Natur findet man häufig krystallisirte Mineralien, welche von krystallinischer Masse desselben Minerals umhüllt sind, und diese Umhüllung hat zuweilen die Form des eingeschlossenen Krystalles (Fig. 136.), häufig aber auch eine andere Form (Fig. 137). Man unterscheidet den eingeschlossenen Krystall von seiner Hülle zuweilen dadurch, daß sich zwischen ihm und der Hülle eine Lage fremden Stoffes befindet (dann kann man wohl auch den Krystall von seiner Hülle abtrennen), zuweilen ist der eingeschlossene Krystall von anderer Farbe oder weniger durchsichtig als die Hülle, zuweilen ragen Theile des eingeschlossenen Krystalles aus dem einschließenden Krystalle vor. (Fig. 138.)

In der Natur ist die Möglichkeit der Krystallbildung von äußeren Umständen abhängig. Nur da vermag sich ein Krystall vollkommen auszubilden, wo freier Raum vorhanden ist, oder wo eine leicht nachgebende Substanz die freie Ausbildung nicht hinderte. Unter solchen günstigen Umständen bilden sich ringsum mit Flächen umgrenzte Krystalle, das umgebende Mittel kann nachher auch erstarren, und so bilden sich eingewachsene Krystalle, die in dem Mittel wie in einer hohlen Form sich befinden. Ist ein eingewachsener Krystall von einer durchsichtigen Substanz umgeben, so nennt man ihn eingeschlossen. Zuweilen erscheinen die Kanten und Ecken eines Krystalles wie geschmolzen, durch solche Abstumpfungen entstehen dann sogenannte linsen-, kugel- und kegelförmige Krystalle.

Der sich bildende Krystall findet zuweilen nur nach einer Seite hin Widerstand bei der Gestaltung, nach der andern dagegen kann er sich frei ausbilden, und erscheint dann aufgewachsen. So können sich Krystalle derselben Gattung und verschiedener Gattung zu einem regelmäßigen Ganzen verbinden. Die Krystalle haben sich zuweilen gegenseitig in der freien Ausbildung nach verschiedenen Richtungen gehindert, und so entstehen Gruppirungen von Krystallen, die pyramidal, treppenförmig, büschel-, garben-, sternförmig u. s. w. sein können.

Außer den durch das Polaritätsgesetz bedingten Ausnahmen von

dem Ebenmaßgesetze, kommen noch andere Ausnahmen vor, welche durchaus unregelmäßig erscheinen. Zuweilen fehlt eine Fläche, welche man dem Ebenmaßgesetze gemäß erwarten sollte, zuweilen findet sich eine Fläche zuviel. Einzelne Flächen, oder mehre gleichartige, sind zuweilen so ausgedehnt, daß andere Flächen ganz oder großentheils verdrängt werden.

Hemitropische (v. d. griech. ἥμι — halb und τρέπω wenden) **Krystalle** sind solche, welche durch das Neben- oder Aneinander- und Zusammen-Gewachsensein zweier Krystalle entstanden sind, von denen der eine gerade die umgekehrte Lage des andern hat, so daß die Verbindung beider das Ansehen gewinnt, als ob sie aus zwei Hälften eines und desselben Krystalles beständen, in umgekehrter Lage an einander gefügt. So findet man Hemitropien von Augit (Fig. 139.), Hornblende, Gypsspath, Feldspath; Zinnerz (Fig. 140.); Spinell (Fig. 141.) u. a.

Zwillinge oder **Durchwachsungen** sind Doppel-Krystalle, bei denen ein Krystall den andern zu durchdringen scheint und wobei Kanten oder Ecken eines jeden derselben aus den Flächen des andern hervorragen. Beide Krystalle sind von derselben Form und Größe, so daß der eine mit dem andern bei der Betrachtung vertauscht werden kann. Fig. 142. stellt einen Quarzzwilling vor, Fig. 143. einen Eisenkieszwilling, Fig. 144. einen Staurolithzwilling.

Kommen geregelte Aneinanderfügungen von mehr als zwei Krystallen einer Varietät vor, so erhält man **Drillinge**, **Vierlinge** u. s. w. Fig. 145. ist der Horizontaldurchschnitt eines Bleispathdrillings.

Erfahren die Krystalle bei ihrer Bildung Störungen, so erleiden sie demgemäß vielfache Modificationen, in ihrem Gefüge sowohl als in ihrer äußern Gestalt; dasselbe ist der Fall in Bezug auf das Gefüge krystallinischer Massen. Aus geradblättrigem Gefüge wird so **krummblättriges**, aus großblättrigem **kleinblättriges**, **körniges**, **schuppiges**, **schaumiges**. Sind Krystalle überwiegend nach Einer Richtung ausgedehnt, so entstehen **haarförmige** u. **nadelförmige** Gestalten. Krystallinische Massen erscheinen **strahlig**, **faserig**, **gestrickt** u. s. w. Die Oberfläche der Krystalle ist in der Regel glatt und eben, durch Störungen bei der Bildung können sie aber auch **gestreift**, **drusig** (mit kleinen krystallinischen Erhabenheiten), **uneben** (rauh oder körnig) erscheinen.

Wird einem Stoffe einer seiner chemischen Bestandtheile entzogen oder tritt ein neuer hinzu, so entstehen **Umbildungen** der Krystallform, wenn der neu entstandene Stoff nicht seine ihm natürliche Krystallform annimmt, sondern die des zerstörten Stoffes beibehält, man nennt diese auch **Pseudomorphosen** (griech., unächte Gestaltung) oder **nachgebildete Krystalle**.

Befand sich ein Krystall in einer Umhüllung (als eingewachsen), und wird daraus durch irgend einen Umstand entfernt, so bleibt die leere Form zurück, in welche dann eine neue Substanz eintreten (Einfüllung) und in der Form erstarren kann. So entstehen feste äußerlich krystal-

linisch gestaltete Massen ohne krystallinisches Gefüge, oder mit einem Gefüge, welches der äußern Form nicht entspricht, welche man Afterkrystalle oder Pseudokrystalle nennt. So findet man Manganerz, Rotheisenstein u. s. f. in Formen, welche vorher von Kalkspathkrystallen eingenommen worden waren. Endlich können Afterkrystalle noch durch Umhüllung entstehen, wenn sich ein neuer Stoff um Krystalle rindenartig anlegt, ohne daß eine Formenänderung stattfindet. So setzt sich z. B. Calcedon über Quarz, Hornstein über Kalkspath u. s. w. an.

Zu den uneigentlichen Krystallen gehören endlich noch die künstlich gearbeiteten Nachbildungen, Modelle der verschiedenen Krystallformen in Holz, Thon, Seife u. s. w. deren man sich mit großem Vortheile bedient, um an denselben die Lehre von den Krystallen zu demonstriren. Man hat solche Krystalle von Holz, mit den erforderlichen Schnitten versehen, welche auseinander genommen und zusammengesetzt werden können. Um sich mit Leichtigkeit die Entstehung einer Krystallform aus der andern, ihre Ableitung, zu versinnlichen, bedient man sich am passendsten geschmeidiger Seife (auch feinen Thones), man schneidet erst die Grundgestalt, und bringt dann vorsichtig an ihr die gehörigen Schnitte an, so erhält man die sich ergebende abgeleitete Form.

Krystallelektricität, heißt diejenige Elektricität, welche durch gleichförmige Erwärmung (daher Thermoelektricität, s. d. A. Elektricität und Galvanismus) von gewissen Krystallen an diesen erregt wird. Die Krystalle, welche die Eigenthümlichkeit haben, durch Erwärmen (und Erkalten) elektrisch zu werden, werden thermoelektrische genannt. Zu diesen Krystallen gehören namentlich diejenigen welche unter dem Einflusse des Polaritätsgesetzes gebildet sind, (s. d. Art. Krystall) d. h. deren Krystallflächen an den entgegengesetzten Ecken nicht symmetrisch geordnet sind; indeß gibt es sowohl derartige Krystalle, welche nicht thermoelektrisch sind, als auch thermoelektrische Krystalle, die keine Ausnahme vom Ebenmaßgesetze zeigen. Früher hielt man nur den Turmalin für themoelektrisch, nach und nach hat man jedoch eine ganze Reihe thermoelektrischer Krystalle entdeckt, und namentlich hat sich Brewster in dieser Beziehung Verdienste erworben. Nicht allein natürlich vorkommende, sondern auch künstlich (durch chemische Processe) gewonnene Krystalle haben sich thermoelektrisch erwiesen. Die natürlich vorkommenden sind:

Der Turmalin, nach Canton der Topas; nach Brard der Axinit; nach Hauy der Boracit, der Mesotyp, der Prehnit, das Zinkoxyd (Galmey), der Sphen (Titanit); nach Brewster der Scolecit, der Mesolith, der grönländische Mesotyp, der Kalkspath, der gelbe Beryll, der Schwerspath, der schwefelsaure Strontian, das kohlensaure Blei, der Diopsid, der rothe und blaue Flußspath, der Diamant, das Auripigment, der Analcim, der Amethyst, der Quarz aus der Dauphiné, der Idokras, der Honigstein, der Schwefel (prismatischer), der Granat, der Dichroit. Die künstlich bereiteten

thermoelektrischen Salze sind nach Brewster: das Seignettesalz, die Weinsteinsäure, das kleesaure Ammoniak, das chlorsaure Kali, das schwefelsaure Magnesia-Natron, der Eisenvitriol, das Bittersalz, das eisenblausaure Kali, der Zucker, das essigsaure Blei, das kohlensaure Kali, die Citronensäure, das Aetzsublimat.

Die meisten Versuche und Beobachtungen sind an dem Turmalin gemacht worden, dessen thermoelektrische Eigenschaft schon längst bekannt ist und der daher auch die Namen: Aschenzieher, Aschentrecker, elektrischer Stangenschörl, zeylonischer Magnet erhalten hat. Die Kernform des Turmalines ist das Rhomboëder, die abgeleiteten Gestalten zeigen merkwürdige Ausnahmen vom Ebenmaßgesetze (s. d. Art. Krystall), welche mit der Eigenschaft polarisch elektrisch zu werden im Zusammenhange zu stehen scheinen.*) Namentlich Cavallo, Becquerel, Bergmann u. a. haben ausführliche Versuche mittelst des Turmalines angestellt.**) Die wichtigsten Resultate sind folgende:

1) der Turmalin ist bei gewöhnlicher Temperatur, und auch noch bei jeder Temperatur unter 30° C. unelektrisch.

2) Taucht man einen Turmalin einige Minuten in kochendes Wasser und zieht ihn dann wieder heraus, indem man ihn mittelst einer kleinen Pincette in seiner Mitte anfaßt, so zeigt er sich elektrisch. Diese

*) Der Turmalin kommt nicht selten vor. Man findet ihn in vorzüglich großen Krystallen am Hörlberge in Baiern, in Grönland u. s. w. Auch auf dem St. Gotthard, auf dem Gebirge Chalanches im Isere-Departement. auf Ceylon, in Sibirien u. s. w. findet er sich. Er ist zum Theil wasserhell und durchsichtig, zum Theil durchscheinend und von verschiedenen Farben: blau, roth, gelb, braun, schwarz, zum Theil undurchsichtig sammetschwarz. Einzelne Krystalle sind bisweilen doppelt gefärbt. Alle verschiedenen Arten des Turmalin sind thermoelektrisch.

**) Berzelius gibt folgende historische Notiz:

„Schon Linne schrieb aus einer Art von dunklem Vorgefühl die Erscheinungen am Turmalin der Elektricität zu. Aepinus erwies ihre wirklich elektrische Natur, ohne aber eine Erklärung davon geben zu können. Wilcke, ein Augenzeuge von Aepinus Versuchen, bewog die Akademie der Wissenschaften zu Stockholm, einige Turmaline kaufen zu lassen, die damals sehr theuer waren und selten anders als geschliffen im Handel vorkamen. Die Sendung der gekauften Edelsteine gerieth zufällig zuerst in Bergman's Hände, welcher, bevor er sie der Akademie übergab, einige Versuche damit anstellte, aus denen die Kenntniß von dieser Art elektrischer Erscheinungen, wie wir sie jetzt davon haben, hervorgegangen ist. Die Resultate davon theilte er bei Uebersendung der Turmaline der Akademie mit; Wilcke aber sah sich veranlaßt, über dieses Verfahren Bergman's große Beschwerde zu führen. — Becquerel, wie es scheint unbekannt mit Bergman's Versuchen, ist neuerlich zu denselben Resultaten gelangt.“

Elektricität prüft man (wie gewöhnlich) an einer elektrischen Wage oder an einem kleinen mit einer bekannten Elektricität schon geladenen Pendel (s. d. Art. Elektricität.) Das eine Ende des Krystalles zeigt sich positiv, das andere negativ elektrisch, kleine Körperchen folglich, gegen welche das eine Ende des Krystalles anziehend wirkt, werden von dem anderen Ende desselben abgestoßen. Das mit 3 Flächen zugespitzte Ende des Krystalles ist positiv, das mit 6 Flächen zugespitzte, negativ elektrisch.

3) Untersucht man den elektrisch gemachten Turmalin mittelst eines empfindlichen Elektroskopes, so findet man, daß die Elektricität von jedem Ende schnell nach der Mitte zu abnimmt, schon in geringer Entfernung von jedem Ende des prismatischen Krystalles verschwindet, und daß die Mitte des Krystalles in ganz natürlichem (unelektrischem) Zustande erscheint.

4) Nach Becquerels Beobachtungen wird der Turmalin nicht durch die ihm ertheilte Temperatur elektrisch, sondern um ihn elektrisch zu machen, ist fortwährendes Zunehmen oder Abnehmen der Temperatur nöthig. Sobald die Temperatur des Turmalin stationär wird, hört er auf elektrisch zu sein. Becquerel stellte seine Versuche in folgender Art an: Der Turmalin wurde an einem Steigbügel von Papier an einem einfachen Coconfaden, der in ein gläsernes Gefäß hinabhing, aufgehangen und das Gefäß in eine Schüssel voll Quecksilber gesetzt, deren Temperatur mittelst einer darunter angebrachten Alkohollampe erhöht wurde. In dem gläsernen Gefäße neben dem Turmalin befand sich ein Thermometer, welches die Temperatur desselben angab. Nachdem die Elektricität über 30° gestiegen war, begann der Turmalin elektrisch zu werden, welches man an der Anziehung und Abstoßung wahrnahm, die derselbe auf einen ihm genäherten schwach elektrisirten Körper ausübte. Dieser elektrische Zustand dauerte fort, so lange die Temperatur im Steigen blieb, und Becquerel setzte die Beobachtungen bis über 150° C. fort. Dabei zeigten sich stets die Enden des Krystalls entgegengesetzt elektrisch. Die Elektricität verschwand sobald der Temperaturzustand stationär wurde, d. h. weder zunahm noch abnahm. Mit dem Abnehmen der Temperatur zeigte der Krystall alsbald wieder elektrische Polarität, aber das vorher positiv elektrische Ende desselben war jetzt negativ elektrisch, das vorher negativ elektrische jetzt positiv. Der Uebergang von einer Polarität zur umgekehrten fand sehr schnell statt.

5) Nach Becquerel ist die Elektricität, welche der Krystall beim Erkalten einer hohen Temperatur annimmt, stärker als diejenige, welche derselbe bei zunehmender Erwärmung bis zu dieser Temperatur annimmt, erlangt.

6) Die Stärke der Elektricität steht mit der Größe der Temperaturveränderung nicht im Verhältnisse. Becquerel fand beim Erkalten eines Turmalin's von 115° C., daß bis 100° die Intensität der Elektricität sehr langsam zunahm, obschon zu Anfange des Erkaltens der Verlust an Wärme am größten zu sein pflegt; daß von 100° C. bis 70° C. schnelles Zunehmen der Elektricität stattfand; daß von 70° C. bis 40° C. die Intensität des Turmalin's sich gleich blieb,

und daß diese von 40° bis 20° fast in demselben Verhältnisse wieder abnahm, in welchem sie von 100° bis 70° gestiegen war. Merkwürdig ist, daß bei der Abnahme der Temperatur die elektrische Polarität erst bei 15° C. verschwand, obgleich sie bei der zunehmenden Temperatur zuerst bei 30° C. aufgetreten war.

7) Wenn man nur ein Ende eines Turmalin's erwärmt oder erkältet, so nimmt dieses Ende diejenige Elektricität an, welche es bei Erwärmung oder Erkältung des ganzen Turmalin's angenommen haben würde; das andere Ende zeigt aber gar keine Elektricität, so lange die Erhitzung oder Erkältung sich ihm nicht mittheilt. Becquerel prüfte nach einander alle Punkte eines auf diese Weise einseitig erkaltenden Turmalin's an der elektrischen Wage und, wie es schien, hatte nur der erwärmete Theil, und zwar dieser eine und dieselbe Elektricität, so daß der merkwürdige Fall einzutreten scheint, daß in diesem Falle nur Eine Art der Elektricität hervorgerufen würde ohne Erregung der ihr entgegengesetzten.

8) Zerschneidet oder zerbricht man einen elektrisch gewordenen Turmalin, so hat nach Canton jedes der abgebrochenen Stücke einen positiv elektrischen und einen negativ elektrischen Pol. Je zwei vorher mit einander vereinigte Flächen werden entgegengesetzt elektrisch.

9) Zwei wie Magnetnadeln aufgehangene elektrische Turmaline stoßen sich mit ihren gleichnamig elektrischen Enden ab und ziehen sich mit den entgegengesetzt elektrischen Enden an.

10) Kleinere Turmaline scheinen im allgemeinen leichter und schneller elektrisch zu werden, als längere. Man hat gefunden, daß größere Turmaline, welche durch Erwärmung nur schwach elektrisch wurden, nach dem Zerbrechen in ihren einzelnen Stücken stärkere Elektricität annahmen.

11) Die Thermoelektricität des Turmalin's läßt sich nach Brewster am leichtesten mittelst eines aus irgend einem Theile des Krystalls gewonnenen Splitters darthun. Am besten gelingt der Versuch mit einem senkrecht auf die Axe des Prisma abgesprengten Streifes; legt man ein solches Stückchen auf eine Glasplatte und erhitzt das Glas bis zur Temperatur des kochenden Wassers, so wird dasselbe so fest an dem Glase anhangen, daß selbst, wenn das Glas umgekehrt wird, das Turmalinstückchen 6 bis 8 Stunden an demselben hängen bleibt.

12) Durch das eben beschriebene Experiment scheint Cavallo's Behauptung bestätigt zu werden, daß, wenn der Turmalin auf einen isolirten Körper erwärmt oder erkältet wird, dieser Körper eben sowohl als der Stein elektrisch wird und die entgegengesetzte Elektricität erhält von derjenigen, die sich in der auf ihm ruhenden Seite des Steines befindet.

13) Nach Hauy findet ein Umkehren der elektrischen Polarität des Turmalin's auch bei fortgehender Erkältung desselben statt. Die Elektricität des Turmalin's verschwindet nämlich, wenn derselbe bis gegen den Eispunkt erkältet ist, tritt aber im entgegesetzten Sinne ge-

gen den vorigen wieder auf, sobald ein größerer Kältegrad angewendet wird.

14) Brewster hat nachgewiesen, daß der Turmalin auch noch im gepulverten Zustande seine thermoelektrische Eigenschaft beibehalte. Derselbe pulverte nämlich ein Stück eines großen undurchsichtigen Turmalin's in einem stählernen Mörser, bis sich dasselbe in den feinsten Staub verwandelt hatte. Hierauf brachte er das Pulver auf eine Glasplatte, von welcher es bei Neigung derselben gleich andern harten Pulvern herabglitt, ohne daß ein Zeichen der Cohäsion mit dem Glase oder den Theilchen unter sich wahrzunehmen war. Wurde aber das Glas zur gehörigen Temperatur erwärmt, so hing das Pulver an dem Glase und wenn man darin herumrührte mit irgend einer trocknen Substanz, so häufte es sich in Masse und hing fest an dem Körper, mit dem es gerührt wurde.

Diese Neigung zusammenhängende Massen zu bilden, verminderte sich mit der Wärme, und bei der gewöhnlichen atmosphärischen Temperatur trat wieder der ursprüngliche Mangel der Cohäsion ein. Brewster erweiterte diesen seinen Versuch, indem er mehre Krystalle von Scolecit und Mesolit durch Erhitzung ihres Krystallwassers beraubte, und dadurch in ein weißes Pulver verwandelte. Die Erscheinungen bleiben dieselben, wie beim Turmalinpulver.

15) Canton und Wilke haben an dem im Dunkel erwärmten Turmalin während der Erwärmung desselben ein sehr lebhaftes Licht wahrgenommen, nach dessen Beschaffenheit Canton bestimmen konnte, welche Seite des Steines positiv und welche negativ elektrisch war.

16) Werden die beiden entgegengesetzten elektrischen Enden des Turmalin's durch einen Elektricität leitenden Körper in Verbindung gesetzt, so zeigt alsbald der Turmalin keine elektrischen Erscheinungen mehr; dieselben treten aber sogleich wieder auf, nachdem die leitende Verbindung wieder aufgehoben worden ist.

17) Der Turmalin wird endlich durch Reiben an einem andern Körper positiv elektrisch, dann tritt aber die negative Elektricität nicht an ihm selbst, sondern an dem Reibzeuge auf.

Aehnlich wie der Turmalin verhalten sich nun auch die andern oben angeführten krystallinischen Körper, nur ist die Temperaturgrenze, bei welcher sie elektrisch werden, verschieden. So ist der Galmei schon bei gewöhnlicher Lufttemperatur elektrisch. Auch die Intensität der durch die Wärme erregten Elektricität ist bei den verschiedenen Mineralien sehr verschieden und man muß sich zum Theil feiner Elektroskope bedienen, um dieselbe bemerkbar zu machen, z. B. eines Katzenhaares, welches durch Reiben negativ elektrisch wird. Nähert man dieses einem Ende des Krystalles, so ist dasselbe positiv elektrisch, wenn es das Katzenhaar anzieht, negativ, wenn es dasselbe abstößt. Brewster bediente sich, um die Elektricität bei sehr schwach elektrischen Krystallen nachzuweisen, der dünnen innern Membrane von arundo phragmites, welche mit einem scharfen Instrumente in die kleinsten Stücke zerschnitten ward. Die kleinen Stücke wurden gut getrocknet, und die Thermoelektricität

eines Minerals durch die Kraft desselben bestimmt, nach der Erwärmung eines oder mehre dieser leichten Körperchen zu erheben. Von den künstlich bereiteten Salzen zeigten sich das Seignettesalz und die Weinsteinsäure in beträchtlichem Grade elektrisch. Auch die Vertheilung der elektrischen Pole und die Anzahl derselben ist verschieden. So fand Hauy einen Topaskrystall an beiden Enden negativ, in der Mitte positiv elektrisch. Besonders merkwürdig aber ist der Borazit, welcher in Würfeln krystallisirt vorkommt, an denen vier Ecken abgestumpft sind, aber so, daß von den acht Ecken des Würfels immer eine stumpfe Ecke einer scharfen diametral gegenüber steht. Jede dieser Ecken zeigt sich bei der Erwärmung des Krystalls elektrisch und zwar so, daß während alle abgestumpften Ecken positiv, alle scharfen negativ elektrisch sind. Jeder auch noch der kleinste Borazit hat folglich vier positive und vier negative elektrische Pole.

Muncke hat in neuerer Zeit die Vermuthung aufgestellt und durch Versuche zu bestätigen gesucht, daß wahrscheinlich alle Körper durch Wärmestörungen, die so gering sein können, daß sie nicht einmal durch das Thermometer angedeutet werden, elektrisch würden. Es läßt sich hiernach die Richtigkeit des allgemeinen Satzes vermuthen: daß bei stationärer (weder abnehmender noch zunehmender) Temperatur, die Körper sich in unelektrischem Zustande befinden, bei zunehmender und abnehmender Temperatur in elektrischem Zustande. Die Stärke der Elektricität wird nach der individuellen Beschaffenheit eines jeden Körpers sehr verschieden sein, und überhaupt wird die vorhandene Elektricität nur dann bemerkbar hervortreten, wenn die besondern Umstände es erlauben, d. h. die augenblickliche Ausgleichung und gegenseitige Bindung der entgegengesetzten Elektricitäten desselben oder verschiedener Körper verhindert und die Beobachtung mit hinlänglich feinen Elektroskopen angestellt wird. Muncke behauptete schon die Thermoelektricität des Glases, welche Becquerel auf das auffallendste bestätigt hat. Derselbe machte kleine Stangen von hartem wenig Kali haltenden Glase durch Erhitzung der in einer Campane eingeschlossenen Luft bis nahe an den Siedepunkt polarisch-elektrisch; welchen Versuch Muncke selbst bei Becquerel gesehen hat.

Kupfer ein schweres unedles, schon in den ältesten Zeiten bekanntes und sehr vielfach angewendetes Metall, welches ziemlich häufig theils gediegen, theils in Verbindung mit anderen Stoffen, oxydirt, als Schwefelkupfer, mit anderen Schwefelmetallen, im Kupferkies, Buntkupfererz u. s. w. vorkommt. In geringer Quantität findet es sich auch in organischen Körpern. Das Kupfer hat eine hell bräunlich rothe Farbe und starken Metallglanz. Es krystallisirt in Octaëdern und Würfeln, ist sehr hart, elastisch zäh, ziemlich dehnbar, stark klingend. Man dehnt es zu sehr dünnen Blättchen aus, wodurch es eine mehr gelbliche Farbe annimmt und so das unächte oder falsche Blattgold gibt, auch zieht man dasselbe zu sehr feinen Drähten aus. Der Bruch des Kupfers ist hakig. Es schmilzt erst in der Weißglühhitze und verflüchtigt sich in noch höherer Temperatur. Sein specif. Gew. ist = 8,878.

Bekanntlich bedient man sich des Kupfers seit den ältesten Zeiten zu Münzen und zu einer großen Anzahl von Geräthschaften verschiedenster Art. Namentlich verfertigt man auch Geschirre aus demselben, welche ein schönes Ansehen haben und eine große Dauerhaftigkeit besitzen. Dieselben müssen aber sehr reinlich gehalten werden, weil sie sonst die in ihnen bereiteten Speisen, Medicamente u. s. w. vergiften; gewöhnlich sind sie inwendig verzinnt und man hat dann darauf zu achten, daß der Zinnüberzug gut erhalten und zuweilen erneuert werde. Auch als Arzeneimittel wird das Kupfer angewendet, sowohl rein als auch, und zwar am häufigsten, in verschiedenen seiner Verbindungen. Bei gewöhnlicher Temperatur und in trockener Luft bleibt das Kupfer unverändert, oxydirt aber in Berührung mit Luft und Wasser, namentlich wenn das letztere salzhaltig ist. Auch beim Erhitzen zieht das Kupfer Sauerstoff an.

Mit dem Sauerstoff verbindet sich das Kupfer zu zwei verschiedenen Oxydationsstufen, nämlich zu Kupferoxydul und zu Kupferoxyd. Das erstere kommt natürlich als Rothkupfererz vor. Das natürliche Kupferoxydul ist in cochenillrothen, ins Bleigraue gehenden regelmäßigen Octaëdern krystallisirt und hat 6,0 spec. Gewicht. Das künstliche ist ein bräunlich rothes Pulver. Dasselbe gibt mit Wasser ein Kupferoxydulhydrat (ein pommeranzengelbes Pulver, welches in der Hitze sein Wasser verliert und an der Luft nach und nach in Oxydhydrat übergeht) und mit Säuren die Kupferoxydulsalze, welche von weißer oder rother Farbe sind und sich an der Luft schnell in Kupferoxydsalze verwandeln. — Das Kupferoxyd, auch Kupferhammerschlag, Kupferasche, Kupferblumen kommt natürlich in unreinem Zustande als Kupferschwärze vor, und bildet sich, wenn das Kupfer an der Luft bis zum Glühen erhitzt wird. Es wird erst gelb, dann violett und bedeckt sich allmählig mit einem bräunlich schwarzen Ueberzuge, welcher durch Hämmern leicht abfällt, und so den Kupferhammerschlag gibt. In der Weißglühhitze verbrennt das Kupfer mit hellem grünlichen Lichte zu Oxyd, und man erhält die Kupferblumen. Das Kupferoxyd ist ein bräunlich schwarzes Pulver, oder bräunlich schwarze spröde Schuppen und wird beim Erhitzen vorübergehend schwärzer, ist geschmacklos, feuerbeständig und unlöslich im Wasser, und hat 6,13 specif. Gewicht. Das Kupferoxyd so wie die Kupferoxydsalze ertheilen der Weingeistflamme eine schöne grüne, der Flamme von brennenden Kohlen eine blaue Farbe. Mit Wasser gibt das Kupferoxyd Kupferoxydhydrat, (eine mehr blau oder mehr grün gefärbte leicht zerreibliche Masse oder Pulver von widerlich metallischem Geschmacke, welches giftig ist und Erbrechen erregt und in der Hitze das Wasser verliert) mit Säuren Kupferoxydsalze, welche im wasserleeren Zustande meistens weiß, im wasserhaltigen blau oder grün sind, widerlich metallisch schmecken und giftig, Erbrechen erregend wirken; die meisten sind im Wasser löslich.

Mit dem Stickstoff ist das Kupfer im salpetersauren Kupferoxyd verbunden, welches in lasurblauen, vierseitigen Säulen krystallisirt. Dasselbe ist in Wasser leicht löslich und zerfließt an der Luft;

mit verbrennlichen Körpern verpufft es leicht durch Hitze oder Schlag. Wenn man dasselbe in Zinnfolie einwickelt, so erhitzt es sich oft von selbst bis zum Glühen und verpufft durch den bloßen Druck oder Schlag heftig. Auch wenn man die salpetersaure Kupferoxyd-Auflösung mit salpetersaurem Ammoniak versetzt und abdampft, entsteht häufig eine heftige Explosion. — Das Kupferoxyd-Ammoniak oder flüchtige Kupfertinktur ist eine dunkelblaue Flüssigkeit, aus der dunkelblaue Krystalle anschießen, die eine Zeitlang in einem verschlossenen Gefäße mit Kupfer in Berührung gelassen sich in Kupferoxydul-Ammoniak verwandelt und dann von wasserheller Farbe erscheint, an der Luft aber alsbald wieder blau wird.

Kupfer und Chlor verbinden sich zu einfach Chlorkupfer und zu doppelt Chlorkupfer. Jenes ist ein weißes Pulver, welches vor dem Glühen schmilzt und bei langsamem Erkalten zu einer gelben krystallinischen Masse erstarrt, bei schnellem Erkalten braun wird, dieses ein gelbes schmelzbares Pulver, welches sehr scharf metallisch schmeckt. Das neutrale salzsaure Kupferoxyd krystallisirt in smaragdgrünen vierseitigen Säulen oder in feinen Nadeln von sehr scharfem Geschmacke, und verwandelt sich bei gelindem Erhitzen unter Wasserbildung in doppelt Chlorkupfer, bei stärkerer Erhitzung unter Chlorentwicklung in einfach Chlorkupfer. Wenn man in die Lösung des neutralen salzsauren Kupferoxyd ein wenig Kali bringt, so wird ein grünes Pulver gefällt, das beim Erhitzen braun wird und basisch salzsaures Kupferoxyd ist. Natürlich kommt dasselbe als Salzkupfererz vor. Eine ähnliche Verbindung ist das Braunschweiger Grün. —

Von den Verbindungen des Schwefels mit dem Kupfer kommt das einfach Schwefelkupfer, (halb Schwefelkupfer) natürlich als Kupferglanz, Kupferglas vor. Dasselbe ist krystallisirt in schwärzlich blaugrauen sechsseitigen Säulen, hat 5,69 spec. Gewicht, ist geschmacklos und in Wasser unlöslich. Das doppelt Schwefelkupfer (einfach Schwefelkupfer) kommt in der Natur als Kupferindig vor. Dieser ist eine schwarzblaue zerreibliche Masse; das künstliche doppelt Schwefelkupfer erscheint beim Niederschlagen (aus der wässrigen Lösung eines Kupferoxydsalzes) dunkelbraun, wird aber nach dem Trocknen schwarz mit einem Stich ins Blaugrüne. — Das schwefelsaure Kupferoxyd (Kupfervitriol, blauer Vitriol, blauer Galitzenstein) krystallisirt in lasurblauen, schiefen rhomboidischen und ungleich sechsseitigen u. s. w. Säulen, und hat 2,2 spec. Gewicht, einen herben, widerlichen Metallgeschmack. Es verliert beim Erhitzen sein Krystallisationswasser und es bleibt ein weißes Pulver: wasserleeres schwefelsaures Kupferoxyd zurück. Das krystallisirte Salz löst sich in 4 Theilen kalten und in 2 Theilen heißen Wassers. Nach Brandes und Gruner lösen 1 Theil Wasser bei 10° R. 0,37; bei 25° 0,54; bei 30° 0,59; bei 40° 0,87; bei 50° 0,78; bei 60° 0,92; bei 70° 1,29; bei 80° 1,81; bei 83° 2,09 Kupfervitriol. Man wendet den Kupfervitriol in der Medicin namentlich äußerlich bei Wunden an, braucht ihn auch als Mahlerfarbe und

benetzt mit verdünnter Kupfervitriollösung die Getreidekörner, welche zur Saat bestimmt sind, um den Brand zu verhindern. — Das basisch schwefelsaure Kupferoxyd-Ammoniak krystallisirt in azurblauen, geschoben vierseitigen Säulen mit abgestumpften stumpferen Seitenkanten und 2 Flächen zugeschärft, hat widerlich metallischen Geschmack und zerfällt an der Luft leicht zu einem grünen Pulver. Es ist löslich in Wasser und unlöslich in Weingeist. Es wird in der Medicin angewendet.

Kupfer und Arsenik verbinden sich leicht durch Schmelzen und geben so das Arsenikkupfer, Weißkupfer eine spröde weißgraue Legirung. — Das Scheelsche Grün ist arseniksaures Kupferoxyd, eine Malerfarbe von grasgrüner Farbe, die im Wasser nicht, wohl aber in den meisten Säuren und reinen Alkalien löslich ist. Es ist giftig. Das arseniksaure Kupferoxyd kommt natürlich als Strahlerz, Kupferglimmer, Olivenerz, Linsenerz und Euchroit vor.

Das kohlensaure Kupferoxyd, eine Verbindung von Kupfer und Kohlenstoff, kommt in der Natur als Kupferlasur und Malachit vor. Jene ist gesättigt blau, krystallisirt in schiefen rhombischen Säulen und deren Abänderungen oder bildet eine himmelblaue, erdige zerreibliche Masse, das Bergblau, eine Malerfarbe. Der Malachit ist eine smaragdgrüne Masse, in Nadeln und Blättern krystallisirt. Ein ähnliche künstlich erhaltene Substanz ist das Mineral- oder Berg-Grün, gleichfalls eine Malerfarbe.

Das Kupfer gibt mit dem Zink verschiedene gelbe Metallgemische, welche von bekannter Anwendung zur Herstellung der verschiedenartigsten Geräthschaften sind, als Messing, Tomback, Similor oder Mannheimer Gold. Diese Gemische zeichnen sich durch ziemliche Geschmeidigkeit, Zähe in der Kälte und metallischen Klang aus. Mit Zinn legirt ist das Kupfer in der Bronce, dem Glockengut, dem Stückgut, Spiegelmetall u. a. den vorigen ähnlichen Gemischen.

In der Malerei und Färberei kommen noch in Gebrauch: der kupferhaltige Eisenvitriol, das blausaure Kupferoxyd-Eisenoxydul ein rothbrauner Niederschlag, Hattchetbraun genannt.

L.

Länge, geographische eines Ortes auf der Erde ist der Bogen des Aequators zwischen dem Durchschnittspunkte desselben mit dem ersten Meridiane und dem Durchschnittspunkte desselben mit dem Meridiane des Ortes. Indem der Aequator wie jeder Kreis in 360 Grade u. s. f. getheilt wird, so befindet sich der Nullpunkt dieser Eintheilung, d. h. der Punkt, von dem ab die Grade, Minuten und s. f. gezählt werden, an der Stelle, wo der erste Meridian den Aequator schneidet.

Man zählt von diesem Punkte ab, entweder fort bis zu 360° oder, und dieß ist das gewöhnliche, nach jeder Seite bis auf 180°. Die Längenangaben geschehen daher immer in Graden, Minuten u. s. f. und erfordern überdieß noch eine Angabe, ob die Grade westlich oder östlich vom Nullpunkte gezählt sind, und endlich noch muß bestimmt sein, welcher als der erste Meridian angenommen worden. (S. d. Art. **Mittagskreis**.)

In Verbindung mit der **geographischen Breite** (s. d. Art.) gibt die geographische Länge genau die **geographische Lage** eines Ortes der Erde an. (Vergl. d. Art. **Erde** S. 269.)

Wenn zwei Orte unter demselben Meridiane liegen, so haben sie natürlich dieselbe geographische Länge; liegen aber zwei Orte unter verschiedenen Meridianen, so heißt der Unterschied ihrer Längenangaben ihre **Meridiandifferenz**.

Ueber die Art der Beobachtung und Berechnung der Meridiandifferenz zweier Orte s. d. Art. **Meridian**.

Länge eines Sternes heißt derjenige Bogen der Ekliptik, welcher zwischen dem Frühlingsnachtgleichenpunkte und dem Punkte liegt, in welchem der durch den Stern gelegte Breitenkreis die Ekliptik schneidet. Die Zählung der Grade, Minuten u. s. f. geschieht von dem Frühlingsnachtgleichenpunkte aus nach der Richtung, in welcher sich die Sonne in der Ekliptik zu bewegen scheint. Die Länge der Sonne ist daher ihre jedesmalige Entfernung vom Frühlingsnachtgleichenpunkt, gemessen auf der Ekliptik. Man bestimmt die **Lage eines Sternes** gegen die Ekliptik durch **Breite** (s. d. Art.) und **Länge** desselben. Der Abstand SL (Fig. 146.) eines Sternes S von der Ekliptik D′AD, welcher durch den Bogen SL eines größten Kreises gemessen wird, der auf der Ekliptik senkrecht ist und folglich durch den Pol E der Ekliptik geht, heißt die **Breite** des Sternes, welche nördlich oder südlich ist, jenachdem der Stern von der Ekliptik gegen ihren Nordpol oder Südpol hin absteht. Der Bogen AL der Ekliptik zwischem dem Punkt A der Frühlingsnachtgleiche und dem Punkte L, in welchem der durch den Stern S gelegte **Breitenkreis** ESLe die Ekliptik schneidet, ist die **Länge** des Sternes. Durch die Länge AL und die Breite SL ist die Lage des Sternes S gegen die Ekliptik an der Himmelkugel vollkommen bestimmt. Ueber die sonstige Bestimmungsart der Lage eines Sternes s. d. Art. **Stern**.

Der Ort, an welchem von der Sonne aus ein Planet erblickt wird, heißt der **heliocentrische Ort** des Sternes (v. d. griech. *ἥλιος* Sonne und *κέντρον* Mittelpunkt) und eben so heißt der Ort, an welchem der Stern von der Erde aus gesehen wird, der **geocentrische Ort** (v. d. griech. *γῆ* Erde) desselben. Man bestimmt den ersteren durch die **heliocentrische**, den zweiten durch die **geocentrische Länge** und **Breite**. Es bedeutet in Fig. 147. S den Ort der Sonne und der äußerste in Grade getheilte Kreis die Oberfläche des Himmels, der Kreis Tt die Erdbahn und AMBN die Bahn eines Planeten. Die Bahn des letzteren liegt mit der Erdbahn nicht in derselben Ebene,

sondern schneidet dieselbe in der geraden Linie AB (der **Knotenlinie**, A ist der aufsteigende, B der niedersteigende Knoten), und MAm = NAn ist der Neigungswinkel beider Ebenen gegen einander. Es bezeichne ferner So die Linie der Nachtgleichen, dann ist oSA die **Länge des aufsteigenden Knoten**. Auf der Bahn MAN des Planeten mißt man von dem Punkte A rückwärts den Bogen AO = oSA*), und zählt von dem so gefundenen Punkte O aus den Ort des Planeten in seiner Bahn. Befindet sich also z. B. der Planet in M, so heißt OSM die **Länge des Planeten in seiner Bahn**, so wie SM, die Entfernung des Planeten von der Sonne der **Radius Vector** des Planeten heißt. Wird von dem Orte M des Planeten eine Senkrechte Mm auf die Ebene der Ekliptik gefällt, welche in m die Ekliptik trifft, so ist der Winkel oSM die **Länge des Planeten in der Ekliptik** oder seine **reducirte Länge**, und Sm der reducirte Radius Vector des Planeten. Verlängert man Sm und So bis zu dem äußersten eingetheilten Kreise, so wird die reducirte Länge auf ihm durch den Bogen oH nach Graden u. s. f. gemessen. Der Winkel mSM, welchen die beiden Radien mit einander machen ist die **heliocentrische Breite** des Planeten, welche in der einen Hälfte AMB der Planetenbahn nördlich, in der anderen ANB südlich ist. Die Größe dieser Breite ist offenbar von der Entfernung des Planeten M von dem aufsteigenden Knoten A abhängig, also von dem Bogen AM und man nennt deßhalb diesen Bogen das **Argument der Breite**. Diese Betrachtung ging von der Stellung des Planeten gegen die Sonne aus, daher sind die Längen OSM, oSm und die Breite MSm **heliocentrisch**.

Es sei nun die Erde in T, (Fig. 147.) so wird sie den Planeten in der Richtung der Linie TM, und dessen auf die Ekliptik reducirten Ort m in der Richtung Tm sehen. Da aber die Entfernung der Fixsterne gegen die Entfernung der Erde von der Sonne unendlich groß ist, so wird eine Gerade To', die man mit So parallel zieht, noch immer denselben Fixstern treffen, welchen die Linie So trifft, oder die To' wird für die Erde die Linie der Nachtgleichen sein, so wie es So für die Sonne ist. Da aber alle Längen von der Linie der Nachtgleichen gerechnet werden, so ist o'Tm die von der Erde gesehene, oder die **geocentrische Länge** des Planeten, so wie der Winkel MTm die **geocentrische Breite** desselben ist. Um daher die geocentrische Länge an demselben äußersten Kreise der Figur zu messen, wenn gleich der Mittelpunkt dieses Kreises nicht T, sondern S ist, so ziehe man durch S eine Gerade SG parallel mit Tm, so ist o'Tm gleich oSG und der Bogen oG des äußersten Kreises ist gleich der **geocentrischen Länge** des Planeten.

---

*) Winkel und Bogen sind in Graden u. s. f. ausgedrückt, AO = oSA heißt also: der Bogen AO hat gleichviel Grade u. s. f. wie der Winkel oSA.

Lebenskraft (lat. vis vitalis) ist jene den organischen Wesen inwohnende Kraft oder jenes Thätigkeitsprincip, durch welches die verschiedenen und mannigfaltigen Formen des Lebens in die Erscheinung treten. Jahrhunderte hindurch hat man die organischen Körper und deren einzelne Theile, namentlich die des Menschen, bis auf die feinsten Fasern und Gewebe untersucht, und durch mancherlei Kunstgriffe deren Elemente darzustellen sich bemüht, um die Triebfedern der Thätigkeit in denselben aufzufinden. Da alle organischen Wesen als Körper die verschiedenen allgemeinen Eigenschaften der Körper, wie die Cohäsion, die Contractilität, die Porosität, die Schwere u. s. w. mit den übrigen Körpern gemein haben, so glaubte man, daß auch sie den allgemeinen Kräften der Materie unterworfen wären. Daher die mancherlei physischen, chemischen und mechanischen Theorieen, die in der Physiologie über diesen Gegenstand geherrscht haben, und auf die selbst noch jetzt sehr angesehene Gelehrte die organischen Erscheinungen des Lebens beziehen zu können glauben. Andere behaupteten, daß es in den Erscheinungen der Organisation nichts Physisches, nichts Chemisches und nichts Mechanisches gebe. Sie setzen nur eine Kraft voraus, die die verschiedenen Lebenserscheinungen bewirkt, nemlich ein der Materie fremdes, besonderes, einfaches Wesen, das durch den ganzen Körper vertheilt ist und durch Einwirkung auf die an sich todte Materie die verschiedenen Lebenserscheinungen zu Stande bringt. Diese höchst unwahrscheinliche Hypothese ist eine der ältesten, wobei man sich zugleich in das Gebiet der Geister verirrt hat, wie aus den Benennungen für die einzige Quelle der Lebenserscheinungen erhellt. Wäre hier der Ort, in diese Frage tiefer einzugehen, so würde man, wenn man die meisten Verrichtungen des Organismus durchginge, leicht eine ziemlich große Reihe von Erscheinungen aufstellen können, die insbesondere in den Gesetzen der Schwere, der Cohäsion, der Attraction u. s. w. begründet sind. Wäre aber die Lebenskraft mit den physischen Kräften identisch, so würde es uns auch möglich sein, alle Eindrücke mit und ohne Bewußtsein, die Sympathie, die moralische Kraft und die intellectuellen Kräfte ihnen anzuknüpfen. Es muß demnach dem Leben noch eine andere Kraft, oder vielmehr es müssen demselben noch andere Kräfte von ganz eingenthümlicher Art zum Grunde liegen.

Von den physischen Kräften unterscheiben sich aber die Lebenskräfte dadurch: 1) daß sie sich nur auf organische Körper beschränken und weder den allgemeinen noch den unveränderlichen Charakter der physischen Kräfte haben; 2) daß sie unaufhörlich wechseln, bald der Vermehrung, bald der Verminderung fähig sind, sich den zu leistenden Anstrengungen und Widerstande anpassen und dadurch unberechenbar werden; 3) daß sie sich zu alteriren und besondere Erscheinungen hervorzubringen vermögen, die man krankhaft genannt hat, während sich in den physischen Kräften nichts dieser Art vorfindet, sondern die Erscheinungen, welche sich an sie knüpfen, immer die nemlichen bleiben; 4) daß die Erregungsmittel der Lebenskräfte oft Wirkungen hervorbringen, deren Quantität mit ihren Ursachen in keinem Verhältnisse steht, wie z. B. die allgemeinen Convulsionen, die Ohnmachten, welche durch einen bloßen un-

angenehmen Druck verursacht werden, und die großen Störungen im ganzen Organismus nach der Einbringung einer kleinen Portion Gift beweisen. Bei den physischen Thatsachen hingegen stehen die erhaltenen Resultate in einem genauen Verhältnisse zu den angewandten Quantitäten, wie z. B. daraus zu ersehen ist, daß bei jedem Salz ein bestimmter Antheil Säure erforderlich ist, um die Base, mit welcher sich dieselbe verbindet, zu sättigen; 5) daß die Lebenskräfte und die physischen Kräfte fortwährend im Organismus in einer Art von Opposition stehen. Im gesunden Zustande verhüten, zerstören und maskiren die erstern, welche activ und unaufhörlich thätig sind, mehr oder minder vollkommen die allgemeinen Kräfte; in einer großen Menge Krankheiten entwickelt sich der Kampf und es lassen sich die physischen und chemischen Erscheinungen wahrnehmen. Mit dem Tode endlich haben die organischen Kräfte für immer aufgehört und es nehmen die physischen unmittelbar ihre absolute Herrschaft ein. Der Leichnam ist nur ein gewöhnlicher Körper, den die Schwere beherrscht und die chemischen Verwandtschaften mehr oder minder schnell zersetzen.

Obgleich wir nun nicht im Stande sind zu bestimmen, worin die Lebenskräfte eigentlich bestehen, so sind wir doch genöthigt ihr Dasein anzunehmen, da wir ihre Wirkungen in den mancherlei Formen des Lebens wahrnehmen. Jede Thätigkeit leiten wir von einer Kraft ab, die wir dem thätigen Theile zuschreiben. Erscheint die Thätigkeit als eine einfache, so nennen wir auch die Kraft, freilich nur im relativen Sinne, eine einfache. Wir müssen daher eben so viele Lebenskräfte annehmen, als wir einfache Lebensthätigkeiten finden. Am Ende ist freilich jede Kraft, die ein Körper einer gewissen Zusammensetzung aus von einander verschiedenen chemischen oder Formelementen verdankt, selbst eine zusammengesetzte; allein für unsern Verstand ist es eine Erleichterung, für eine nicht weiter erklärbare Thätigkeit sich auch eine einfache Kraft zu denken. Die Zahl der Thätigkeiten und Kräfte des Lebens ist demnach eine künstliche, indem sie durch die Grenzen unseres möglichen Eindringens in die Zusammensetzung des Lebens bestimmt wird.

Zu den einfachen Lebenskräften ist zu rechnen: 1) die **Ernährungskraft**, vermöge welcher alle festen Theile Stoffe aus den umgebenden Flüssigkeiten anziehen und in ihre Mischung aufnehmen, wodurch ihre Masse erneuert und vergrößert wird.. 2) Die **Bildungskraft**, vermöge welcher die zum Ganzen nothwendigen Organe aus organischer Materie erzeugt werden. 3) Die **Absonderungskraft**, durch welche gewisse feste Theile, die aus Zellgewebe, Gefäßen und Nerven bestehen, aus dem sie berührenden Blute einen von diesem chemisch verschiedenen Stoff abscheiden, nicht um ihn in ihre eigne Mischung aufzunehmen, sondern über die Grenzen des Organs hinauszuführen. 4) Die **Einsaugungskraft**. Die Lymph- und Blutgefäße haben die Fähigkeit, gewisse flüssige Stoffe, die mit ihrer äußern Wandung in Berührung treten, in ihre Höhle aufzunehmen. Diese vier Kräfte hat man auch die **vegetativen** genannt oder auch vereint unter dem Namen der **Vegetationskraft** begriffen. Ernährung und Bildung, Absonderung und Aufsaugung sind die Grundthätigkeiten, aus welchen das Leben der

Pflanzen und der vegetative Theil des thierischen Lebens besteht. Zu ihnen kommt 5) die Wiederzersetzung der festen Theilchen, wobei Bestandtheile derselben sich wieder auflösen und aus ihrer Mischung austreten. Welche Kräfte bei ihr wirksam sind, ob bloß innere, der sich zersetzenden Materie, oder äußere, der Absondrungskraft ähnliche, ist unbekannt. Eine eigenthümliche Erscheinung im thierischen Körper, für die man aber wegen ihrer Dunkelheit noch keine besondere Kraft angenommen hat, ist 6) der Einfluß, den die festen Theile auf die Mischung der sie berührenden Flüssigkeiten ausüben, wodurch dieselben entweder erhalten oder auf eine bestimmte Weise verändert werden, und 7) die Anziehung, welche die festen Theile auf das Blut ausüben, wodurch dieses zu einer stärkern Bewegung nach demselben bestimmt wird. 8) Die lebendige Zusammenziehungskraft, Contractilität zeigt sich am deutlichsten in den Muskelfasern, außerdem in den Gefäßen, besonders in den feinern, im Zellgewebe, in der Lederhaut. 9) Die eigenthümliche Nervenkraft äußert sich ausschließlich in den Nervenfasern und besteht in der Fähigkeit, von Außen erhaltene Eindrücke mit unendlicher Schnelligkeit weiter zu leiten. 10) Die geistigen Kräfte. Sie sind die einzigen, die nicht der Materie zukommen und die wir einem immateriellen Principe zuschreiben müssen, obgleich ihre Existenz und Ausdehnung an eine gewisse Größe und Beschaffenheit des Gehirns gebunden ist.

Dieses sind die verschiedenen Kräfte der organischen Wesen, auf die man als auf ihre unmittelbaren und ersten Quellen alle Erscheinungen, alle Thätigkeiten, durch deren Beihülfe das Leben sich fortpflanzt und erhält, beziehen kann. Auf diese Kräfte beziehen sich alle Verrichtungen, von ihnen hängt das Leben ab oder sie sind vielmehr das Leben selbst. Denn dieses letztere ist im Grunde nur das eigenthümliche Verhalten, wie die Organismen, welche im Besitz desselben sind, diesen besondern Kräften gehorchen, die sie während einer begrenzten Zeit der Herrschaft der allgemeinen Kräfte entziehen. Bemerkt zu werden verdient noch, daß alle die angeführten Kräfte, welche in jedem Wesen je nach der Verschiedenheit der Organisation verschieden modificirt sind, doch dem Wesen nach immer dieselben bleiben und daß sie sich nach Reizmitteln durch die Gleichzeitigkeit ihrer Thätigkeitsweise charakterisiren, indem man sie beinahe stets gleichzeitig vermehrt oder gesteigert, vermindert oder geschwächt, alterirt oder verstimmt, aufgehoben oder vernichtet findet. L.

Leiter der Elektricität. Nichtleiter oder Isolatoren. Halbleiter. Man kann sämmtliche Körper in zwei Classen theilen, in solche, welche die Elektricität leiten und in solche, welche sie nicht leiten, d. h. in solche, über deren ganze Oberfläche die in ihnen erregte oder ihnen mitgetheilte oder durch Vertheilung in ihnen erzeugte Elektricität sich ausbreitet und in solche, die nur an Einer Stelle ihrer Oberfläche, nämlich an derjenigen, an welcher gerade die Elektricität erregt oder mitgetheilt oder durch Vertheilung

hervorgerufen worden, Elektricität zeigen, ohne daß diese sich weiter verbreitet. S. d. Art. Elektricität.

Um zu prüfen, ob irgend ein Körper ein Isolator oder ein Leiter sei, braucht man ihn nur mit einem bereits elektrischen Körper zusammen zu bringen. Die Erde ist ein Leiter der Elektricität; setzt man daher durch einen andern Leiter der Elektricität oder unmittelbar einen elektrischen Körper mit ihr in Verbindung, so wird sich alsbald die gesammte Elektricität dieses Körpers gleichmäßig über die ganze Oberfläche der Erde und des ursprünglichen elektrischen Körpers, so wie des verbindenden Leiters verbreiten, d. h. die Elektricität wird ganz verschwinden. Die Oberfläche der Erde ist nämlich, wie leicht einzusehen, so groß, daß jede Quantität Elektricität, die wir künstlich erzeugen können, alsbald bis zum Verschwinden unmerklich werden muß, sobald sie sich über diese große Oberfläche ausbreitet. Auch der menschliche Körper ist ein Leiter der Elektricität, wie wir daraus sehen, daß, wenn wir auf dem Erdboden stehend einen elektrischen Körper berühren, dieser seine Elektricität verliert. Wollen wir nun irgend einen Körper prüfen, ob er ein Leiter der Elektricität sei oder nicht, so dürfen wir denselben nur in die Hand nehmen und das andere Ende desselben dem Conductor einer Elektrisirmaschine bis zur Berührung nähern. Bricht aus diesem letzteren ein starker, von einem Knall begleiteter Funke heraus, welcher nach dem genäherten Körper überspringt, und zeigt sich wenn Berührung stattgefunden, der Conductor seiner Elektricität beraubt, so ist der in der Hand gehaltene Körper ein Leiter der Elektricität. Springen dagegen nur mehre kleine Funken über und zeigt sich nach der Berührung der Conductor nicht entladen, so ist der in der Hand gehaltene Körper ein Nichtleiter, Isolator der Elektricität. — Sehr passend kann man zur Prüfung sich eines mit Elektricität geladenen Elektrometers bedienen. Die Korkkügelchen oder Strohhalme oder Goldblättchen des Elektrometers divergiren (stehen von einander ab) so lange der Elektrometer geladen ist. Berührt man nun den Knopf des Elektrometers mit einem Leiter der Elektricität, so fallen die Korkkügelchen u. s. w. alsbald zusammen, und gehen nach Entfernung des genäherten Körpers nicht wieder auseinander. Bei Berührung mit einem Isolator gehen die Korkkügelchen u. s. w. entweder gar nicht erst zusammen, oder sie divergiren doch nach Wegnahme des berührenden Körpers wieder wie vorher. — Wenn man eine geladene Leidner Flasche entladen will, so muß man die äußere Belegung derselben mit der innern durch einen oder mehre mit einander verbundene leitende Körper in Verbindung setzen. Nimmt man in diesen Entladungskreis einen Nichtleiter auf, so findet entweder die Entladung gar nicht statt, oder wenn sie statt findet, wird jener Nichtleiter zerstört, zerschmettert oder durchbohrt, während vollkommen die Entladung bewirkende Leiter stets unversehrt bleiben. — Auf gleiche Weise kann man einen Körper auch, um ihn hinsichtlich seiner Leitungsfähigkeit zu prüfen, in den Verbindungskreis zwischen den Polen einer Voltaschen Säule (s. d. Art. Galvanismus) bringen. Ist in diesem Kreise zugleich eine Gasentbindungsröhre oder ein Multiplicator angebracht, so hört, wenn der einge-

brachte Körper ein Isolator ist, alsbald die Wirkung des Stromes auf die Gasentbindung oder die Magnetnadel auf.

Bei einem guten Leiter der Elektricität ist die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Elektricität in ihm fortpflanzt, so groß, daß sie sich aller Messung entzieht, wie dieß aus Versuchen hervorgeht, welche im Art. Galvanismus S. 634. u. im Art. Elektricität angeführt worden sind. In neuester Zeit hat auch Wheatstone in dieser Beziehung Versuche angestellt, aus denen hervorgeht, daß die Geschwindigkeit der Elektricität, welche durch einen Kupferdrath geleitet wird, die Geschwindigkeit des Lichtes im planetarischen Raume noch übertrifft und daß das Licht von Elektricität von hoher Spannung noch nicht die Dauer von einem Milliontel einer Secunde habe. Der Unterschied von Leitern und Nichtleitern der Elektricität ist aber keinesweges so zu fassen, als ob alle Leiter der Elektricität diese gleich gut und mit derselben Vollkommenheit leiteten, alle Isolatoren dagegen schlechthin gar keine Leitungsfähigkeit besäßen. Es gibt vielmehr weder einen durchaus vollkommenen Leiter noch einen durchaus vollkommenen Isolator der Elektricität. So schnell auch die Fortpflanzung der Elektricität in guten Leitern geschieht, so gewiß ist dennoch der allgemein gültige Satz, daß jeder Körper der Elektricität bei der Fortpflanzung durch ihn einen gewissen Widerstand entgegensetzt. Dieser Leitungswiderstand ist seiner Größe nach, je nach der materiellen Beschaffenheit eines Körpers ein anderer und hängt außerdem von der Länge und Dicke des als Leiter angewendeten Körpers ab, auch hat die Temperatur bedeutenden Einfluß auf die Größe des Leitungswiderstandes eines Körpers. Man kann die Leiter der Elektricität gemäß der Größe ihres Leitungswiderstandes, so weit derselbe ein Resultat ihrer materiellen Beschaffenheit ist, in eine gewisse Reihe stellen, in welcher den ersten Platz derjenige Körper einzunehmen hat, welcher der Verbreitung der Elektricität den geringsten Widerstand leistet.

Unter den festen Körpern haben sich als die besten Leiter der Elektricität im allgemeinen die Metalle erwiesen, und man ist daher bemüht gewesen, zunächst die Metalle nach der Größe ihres Leitungswiderstandes zu ordnen. Als Vergleichungsmittel ist zunächst die Erfahrung benutzt worden, daß Dräthe, durch welche sich eine Leidner Batterie oder eine Galvanische Batterie entladet, um so stärker sich erhitzen, je schlechter ihr Leitungsvermögen ist. Van Marum, Priestley, Children, Harris und Davy haben theils mit Leydner Batterien, theils mit Galvanischen hierher gehörige Versuche angestellt. Van Marum untersuchte nämlich, wie viele Zoll gleich dicken Drathes von verschiedenen Metallen durch eine stets gleich große Ladung einer Leydner Batterie geschmolzen werden konnten. Priestley und Children stellten die Versuche so an, daß sie immer zwei gleich lange und gleich dicke Dräthe von verschiedenem Metalle zusammen hakten und durch diese Verbindung der erste eine Leydner Batterie, der zweite einen Galvanischen Apparat ihre Elektricität ergießen ließen. Hierbei wurde der schlechter leitende Draht geschmolzen und zerstreut, während der besser

leitende unverletzt blieb. Fechner macht die Bemerkung, daß bei diesen Arten, den Versuch anzustellen, sich der Einwand machen lasse, daß, da die Metalle eine verschiedene Hitze zum Glühen und Schmelzen erfordern, die Gradationen der Temperaturerhöhung und des entsprechenden Leitungswiderstandes durch Beobachtungen jener Erscheinungen nicht gehörig verglichen werden können. Daß man aber dessen ungeachtet finde, daß die Resultate von van Marum und Priestley sehr genau mit den durch sicheren Erfahrungsarten gefundenen Bestimmungsarten übereinkommen, während die von Children bedeutend abweichen.

Harris nahm Metalldrähte von gleicher Länge, spannte sie nacheinander horizontal in einem Glasballon von 3 Zoll Durchmesser aus und verband sie an ihren Enden mit einer Leydner Batterie. Der mit Luft gefüllte und mit Luft verschlossene Ballon ruhte mit seinem Halse auf einem Behälter, welcher Weingeist enthielt und mit einem Haarröhrchen in Verbindung stand, dessen längerer Arm senkrecht in die Höhe ging. So wie nun die Elektricität durch den eingespannten Draht geleitet wurde, theilte dieser seine Wärme im Ballon der Luft mit, welche sich demgemäß ausdehnte und den Weingeist in der Röhre emportrieb. Aus der verschiedenen Höhe bis zu welcher der Weingeist bei Anwendung der Drähte von verschiedenen Metallen empor gehoben wurde, entnahm Harris Zahlenbestimmungen zur Vergleichung des Leitungsvermögens der Metalle.

Da man die Kraft des Stromes in einer galvanischen Kette messen kann, z. B. durch die Ablenkung der Magnetnadel oder die Stärke der Gasentwickelung, so kann man das Leitungsvermögen zweier Metalle dadurch vergleichen, daß man hinter einander zwei gleich dicke Drähte von verschiedenen Metallen zur Schließung einer Kette anwendet und beobachtet, wie lang verhältnißmäßig diese Drähte sein müssen, damit die Kraft des Stromes unverändert bleibe. Das Leitungsvermögen dieser Drähte verhält sich dann wie die Längen derselben. Davy bediente sich, um in dieser Art Versuche anzustellen, folgendes Apparates: es wurde eine Säule aus einer gewissen Anzahl Plattenpaaren gleichzeitig durch zwei verschiedene Bogen geschlossen, von denen der eine einen Wasserzersetzungsapparat enthielt, während der andere aus dem Drahte bestand, dessen Leitungsvermögen untersucht werden sollte. Sobald die Schließung durch zwei Bögen geschieht, theilt sich die Elektricität nach dem Verhältnisse des Leitungsvermögens der Bögen gegen einander in diese (s. d. Art. Galvanismus S. 543.), das Leitungsvermögen eines Bogens nimmt aber zu, je mehr derselbe verkürzt wird. Davy verkürzte nun den schließenden Dräht so lange, bis sein Leitungsvermögen so groß war, daß er das des Bogens, welcher den Wasserzersetzungsapparat enthielt, so überwog, daß die Wasserzersetzung merklich zu sein aufhörte. Ein je besserer Leiter der Elektricität ein Metall war, desto länger ergab sich der gesuchte Bogendraht von demselben. Alle Drähte welche Davy anwendete, hatten dieselbe Dicke. — Ohm bewirkte die Schließung der Kette jedesmal mit zwei Drähten von glei-

cher Dicke, aber von verschiedenem Metalle und verkürzte nur den einen derselben so lange, bis sich der elektrische Strom durch beide Drähte gleich stark ergoß. Die Stärke des Stromes beobachtete er an der Ablenkung der Magnetnadel. — Becquerel wand aus zwei gleich dicken parallelen Drähten von verschiedenem Metalle einen Multiplicator und setzte die correspondirenden Enden dieser Drähte mit den entgegengesetzten Polen einer Kette in Verbindung, so daß sie der Strom in entgegengesetzter Richtung durchlaufen mußte. Sobald nun die Stärke des Stromes in dem einen Drahte genau eben so groß wie in dem andern war, mußte, da jeder Draht die Nadel nach einer entgegengesetzten Richtung zu drehen suchte, gar keine Ablenkung der Nadel erfolgen. Waren aber die Drähte gleich lang und dick und von verschiedenem Leitungsvermögen, so bestimmte der Draht von besserem Leitungsvermögen die Richtung des Ausschlags der Nadel. Becquerel verkürzte dann den andern Draht so lange, bis die Wirkungen der Drähte in der Nadel sich wieder das Gleichgewicht hielten, und die Längen der Drähte verhielten sich nun, wie die Leitungsfähigkeiten der Metalle, aus denen sie bestanden. Ein ähnliches Verfahren schlug wahrscheinlich auch Pouillet ein. Die Resultate dieser sämmtlichen Beobachtungen hat Fechner in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Priestley.	Children.	Van Marum.	Davy.	Davy.	Harris.	Becquerel.	Pouillet.	Ohm.
(nach der Gradation der Erhitzung.)	(nach der Gradation der Erhitzung.)	(geschmolzene Drahtlängen.)	(nach der Gradation der Erhitzung.)	(n. d. Drahtlängen, die gleiche Wirkungen äußern, bestimmt.)	Metalle und Legirungen (nach der Gradation der Erhitzung.)	(mittelst des Multiplicators.)	(mittelst des Multiplicators.)	(mittelst des Multiplicators.)
Gold Silber Kupfer Messing Eisen Zinn besserer Leiter als Blei.	Silber Zink Gold Kupfer Eisen Platin	Drähte $\frac{1}{56}$ Z. dick: Kupfer kaum $\frac{1}{4}$ Zoll Silber kaum $8\frac{1}{2}$ Zoll Messing 12 Zoll Eisen 16 Zoll Drähte $\frac{1}{32}$ Z. dick: Gold $3\frac{1}{2}$ Zoll Eisen 5 Zoll Zinn 120 Zoll Blei 120 Zoll	Silber Kupfer Blei Gold Zink Zinn Palladium Eisen	Silber = 109,1 Kupfer = 100 Gold = 72,7 Blei = 69,1 Platin = 18,2 Palladium = 16,4 Eisen = 14,6	Kupfer............. 100 Silber............. 100 1 Kupfer 1 Silber = 100 1 Kupfer 3 Silber = 100 3 Kupfer 1 Silber = 100 Gold............. = 66,6 1 Gold 3 Kupfer = 40,0 1 Gold 3 Silber = 40,0 Zink............. = 33,3 Messing.......... = 33,3 8 Kupfer 1 Zinn = 33,3 1 Gold 1 Kupfer = 30,0 1 Gold 1 Silber = 30,0 3 Gold 1 Kupfer = 24,0 3 Gold 1 Silber = 24,0 1 Zink 1 Zinn = 22,2 Platin............ = 20,0 Eisen............. = 20,0 1 Zink 3 Zinn = 18,75 Zinn.............. = 16,6 1 Blei 3 Zinn = 14,06 1 Zinn 1 Blei = 11,11 1 Zinn 3 Blei = 9,52 Blei............... = 8,3	Kupfer = 100 Gold = 93,60 Silber = 73,60 Zink = 28,50 Platin = 16,40 Eisen = 15,80 Zinn = 15,50 Blei = 8,30 Quecksilber = 3,45 Kalium = 1,33	Silber von 0,986 Gehalt........ = 102,98 Kupfer..... = 100,0 Silber von 0,948 Gehalt........ = 88,88 Feines Gold = 84,41 Silber von 0,800 Gehalt........ = 77,10 Rosette..... = 30,35 Messing.... = 26,28 Eisen....... = 16,39 Gold von 18 Karat......... = 14,77 Platin...... = 13,55 Anm. Die Versuche mit Gold und Silber von verschiedenem Gehalt, der sehr sorgsam bestimmt worden war, wurden oft wiederholt.	Kupfer 100,0 Gold 57,4 Silber 35,6 Zink 33,3 Messing 28,0 Eisen 17,4 Platin 17,1 Zinn 16,8 Blei 9,7

In dieser Tabelle ist der bessere Leiter stets vor den minderguten gestellt worden. Fechner macht darauf aufmerksam, wie aus dieser Tabelle folge, daß die Resultate der Beobachter zwar in vieler Beziehung hinsichtlich der Reihefolge und selbst des Verhältnisses des Leitungsvermögens der Metalle übereinstimmen, so namentlich daß Kupfer und Silber zu den besten, Blei, Eisen und Zinn zu den schlechtesten metallischen Elektricitätsleitern gehören, daß Platin und Eisen ungefähr gleichen Leitungswerth besitzen u. s. w., daß aber doch hinsichtlich der näheren Bestimmungen wieder namhafte Abweichungen derselben von einander stattfinden. Indeß ergebe sich ein Erklärungsgrund dieser Abweichungen, ohne daß man die Genauigkeit der Beobachter in Zweifel zu ziehen brauche, aus der Tabelle selbst, wenn man berücksichtige, wie sehr nach Pouillet's Resultaten kleine Beimischungen fremder Metalle das Leitungsvermögen modificiren können und in Betracht nehme, daß die meisten Beobachter ganz reine Metalle angewandt haben möchten. Selbst der Zustand der Oberflächen scheint von Einfluß auf das Leitungsvermögen der Metalle zu sein, indem Ohm bemerkte, daß von zwei Stücken Silberdraht, die beide durch Reduction aus Chlorsilber erhalten waren, das eine, für welches die Angabe in der Tabelle gilt, schlechter, das andere aber besser als Kupfer leitete. Beide Drähte unterscheiden sich durch nichts, als dadurch, daß der erste von einer Oelhaut, die er beim Ziehen angenommen hatte, überzogen, die Oberfläche des andern aber sorgfältig gereinigt war. Hiernach würde das Silber, wie Davy's und Pouillet's Beobachtungen angeben, auch nach Ohm besser als Kupfer leiten.*)

Nach den Metallen wird die Elektricität am besten durch die Erze geleitet, und zwar desto besser, je näher dieselben auch in ihren übrigen Eigenschaften den Metallen stehen. Ausgedehntere Untersuchungen über das Leitungsvermögen der Mineralien sind von Pelletier. Derselbe macht die allgemeine Bemerkung, daß unter den Steinen und Salzen nur wenige befindlich sind, welche die Elektricität leiten; im Gegentheil aber alle Metalle im metallischen Zustande und selbst viele Metalloxyde und Schwefelmetalle Leiter der Elektricität sind. Durch seine Beobachtungen wurde die Meinung widerlegt, daß alle Körper, in denen sich Metalle und Metalloxyde mit dem geringsten Antheil Sauerstoff befänden, Leiter, die Oxyde mit dem größten Antheile Sauerstoff dagegen Nichtleiter wären. Er fand Körper, welche ein nicht oxydirtes Metall enthalten, und dennoch keine oder schlechte Leiter sind; so z. B. leitet Schwefelsilber die Elektricität nicht, eben so Schwefelquecksilber**), wäh-

*) Im Art. Galvanismus ist gezeigt worden, wie der Leitungswiderstand der metallischen Leiter in der Kette im geraden Verhältnisse ihrer Länge, im umgekehrten ihres Querschnittes zunimmt.

**) Nach Versuchen von Munck af Rosenschöld ist rothes Schwefelquecksilber (Zinnober) ein guter Nichtleiter, schwarzes Schwefelquecksilber dagegen ein guter Leiter der Elektricität.

rend Schwefelblei und Schwefelzink, selbst die durchsichtigen krystallisirten Blenden, vortreffliche Leiter sind.

Nicht weniger sonderbare Anomalien fand Pelletier unter den Metalloxyden. Das schwarze Manganoxyd ist ein sehr guter Leiter, ob es gleich im Maximo oxygenirt ist. Das rothe Bleioxyd oder die natürliche Mennige leitet kaum; sehr gut dagegen die Bleierde, welches ebenfalls ein Oxyd ist, so daß dieser Charakter hinreicht, sie von dem erdigen kohlensauren Blei zu unterscheiden, welches kein Leiter ist. Noch ein schlechterer Leiter ist das schwarze Kobaltoxyd. Alle vulkanische Producte, welche nicht vom Wasser umgestaltet sind, schienen Pelletier Nichtleiter zu sein, dagegen durch die Veränderungen, welche das Wasser in ihnen hervorzubringen vermag, zu Leitern zu werden. Folgende tabellarische Uebersicht der Resultate, welche er mit den meisten Mineralien erhalten hatte, gibt er mit einiger Bedenklichkeit, indem der Zustand der Luft, die Figur der Stücke und die Spitzen an krystallisirten Körpern auf den Erfolg einigen Einfluß hätten. Doch schien ihm, daß man aus ihr die entscheidenden Charaktere einiger Arten werde entlehnen können. Schwache Leiter hat er diejenigen benannt, mit welchen sich die Leydner Flasche nicht augenblicklich entladen läßt, sondern die Entladung einige Augenblicke dauert; auch lassen sie den Schlag nur dann durch sich hindurch, wenn die Flasche stark geladen ist.

Alle Metallsalze in reinem Zustande............	Nichtleiter.
Rothgültigerz, selbst durchsichtiges..................	leitet gut.
Silberglaserz (schwarzes Schwefelsilber)............	— sehr gut.
Hornsilber, wenn es an der Luft braun geworden..	— schwach.
Schwefel-Quecksilber..	— mittelmäßig.
Natürliche Mennige...	— sehr schwach.
Weißes Bleioxyd (natürliches Bleiweiß)..........	— gut.
Schwefelblei...	— vortrefflich.
Oxydirtes Kupfer...	— sehr schwach.
Kupferkies..	— sehr stark.
Schwefelkupfer..	— sehr stark.
Eisenglanz und oxydirtes Eisen.........................	— sehr gut.
Eisen der Vulkane..	— mittelmäßig.
Schwefelkies (Schwefeleisen)............................	— sehr gut.
Arsenikkies (Arsenikeisen)................................	— sehr gut.
Oxydirtes Zinn, selbst die durchsichtigsten Zinngraupen..	— sehr stark.
Nickel..	— sehr gut.
Glanz- und Spieskobalt.....................................	— sehr gut.
Schwarzer Erdkobalt...	— sehr wenig.
Oxydirtes Mangan..	— sehr gut.
Phosphorsaures Mangan, ein unreines Salz.....	— gut.
Grau Spiesglanzerz (Schwefelspiesglanz).........	— wenig.

Rothes Spiesglanzerz (Schwefel-Wasserstoff-Spiesglanz)	leitet wenig.
Pechblende (Schwefeluran)	— stark.
Oxydirtes Uran	— sehr wenig.
Schwefel-Molybdän	— wenig.
Schwefelarsenik	ist ein vollkommener Nichtleiter.
Oxydirtes Arsenik	ist ein Nichtleiter.
Titan-Eisen	leitet schwach.
Titanit	— äußerst wenig.
Wolfram	— schwach.
Tungstein	— gar nicht.
Tellur	— sehr gut.
Cerit	— sehr wenig.

Fox hat in neuerer Zeit verschiedene Mineralien mittelst des Multiplicators in Hinsicht auf ihr Leitungsvermögen geprüft und folgende vom besten Leiter anfangende Reihe derselben erhalten. Leiter: Kupfernickel, purpurnes Kupfer, gelbes Schwefelkupfer, und glasiges Schwefelkupfer, Schwefeleisen, Arsenikkies, Schwefelbei, Arsenikkobalt, krystallisirtes schwarzes Manganoxyd, Tennantit, Fahlerz. Sehr unvollkommene Leiter: Schwefelmolybdän, Schwefelzinn oder vielmehr Glockenmetallerz. Nichtleiter: Schwefelsilber, Schwefelquecksilber, Schwefelantimon, Schwefelwismuth, Realgar, Schwefelmangan, Schwefelzink, Metalloxyde (?) und Metallsäuren (?).

Holzkohle hat ein den Metallen gleichkommendes Leitungsvermögen; Steinkohle leitet ebenfalls gut, nach Priestley in einzelnen Stücken gleich einem Metalle. Ruß ist nach Priestley ein nur unvollkommner Leiter und Spiegelruß von Holz sogar ein Nichtleiter. Die Kohle leitet überhaupt die Elektricität um so besser, je stärker sie geglüht ist. Nicht gehörig ausgeglühte Kohle ist sogar ein Nichtleiter. Versuche von Chevreuse haben dieses bestätigt. Auch auf den Aggregatzustand der Kohle kommt es hierbei an, denn Brugnatelli fand die trocknen und harten Kohlen, welche bei der zerstörenden Destillation vegetabilischer Theile, z. B. der Benzoë, der Stärke, des Mehls u. s. w. zurück bleiben, nichtleitend, und die Kohlen aus harten Hölzern minder gut leitend als Kohlen aus weichem Holze, die aber ebenfalls durch Pulvern zum Nichtleiter werden. Der Diamant ist ein Nichtleiter, der Graphit ein vortrefflicher, den Metallen gleicher, mineralische Holzkohle und Anthracit sind gute Leiter. — Nach Davy wirkte ein Kohlenstück von gut verkohltem dichten Buchsbaumholze, welches $\frac{3}{10}$ Zoll breit, $\frac{1}{10}$ Zoll dick und $1\frac{2}{10}$ Zoll lang war, zwischen großen Flächen Platin in den Schließungskreis einer Volta'schen Batterie gebracht, eben so gut leitend, als ein 6 Zoll langer Platindraht von $\frac{1}{220}$ Zoll Durchmesser. Hiernach würde Platin 584,5 mal so gut als die angegebene Kohle leiten.

Davy hat zuerst nachgewiesen, daß das Leitungsvermögen der Metalle abnehme, wenn ihre Temperatur zunimmt. Doch steht die

Abnahme des Leitungsvermögens nicht in gleichem Verhältnisse mit der Zunahme der Temperatur. Um dieß nachzuweisen bediente er sich seines oben (S. 278.) beschriebenen Apparates. Er fand, daß wenn der verbindende Draht, ein $\frac{1}{220}$ Zoll dicker Platindraht, unter Oel kalt erhalten wurde, nur ein so geringer Verhältnißtheil Elektr. durch den Wasserzersetzungsapparat hindurch ging, um keine Wasserzersetzung mehr zu gestatten, dagegen diese eintrat, wenn der Draht sich in der Luft befand, wo die Entladung ihn erhitzte. Hierbei fand er es einerlei, ob die Hitze des Drahtes durch die Elektr. selbst, oder ob sie von irgend einer andern Ursache hervorgebracht wird. Ein Platindraht z. B. der eine solche Länge und Dicke hat, daß er eine gewisse Anzahl von Plattenpaaren entladet, ohne dadurch merklich erhitzt zu werden, verliert, wenn ein Theil desselben mittelst einer Weingeistflamme rothglühend gemacht wird, das Vermögen merklich die ganze Elektr. dieser Batterie bis zum Verschwinden der Gasentbindung im Seitenapparat durch sich hindurch zu lassen. Davy gibt folgende sehr interessante Art an, den schwächenden Einfluß der Temperaturerhöhung der Leiter auf die Kraft des Stroms nachzuweisen. Hat man in einem Volta'schen Kreise einen 4 bis 5 Zoll langen, so dünnen Platindraht angebracht, daß die Elektr. welche durch ihn hindurch geht, ihn in seiner ganzen Länge rothglühend macht, und bringt nun irgend einen Theil desselben durch die Flamme einer Spirituslampe, welche man darunter hält, zum Weißglühen, so erkaltet augenblicklich der Ueberrest des Drahtes bis unter die Temperatur des sichtbaren Glühens. Und hält man umgekehrt an irgend einer Stelle des rothglühenden Drahtes ein Stück Eis oder treibt auf sie einen Strom kalter Luft, so werden augenblicklich alle andern Theile des Drahtes viel heißer und kommen vom Rothglühen zum Weißglühen. — Ohm hat diese schwächende Einwirkung der Temperaturerhöhung auch für die Leiter in der thermoelektrischen Kette nachgewiesen.

Gerade entgegengesetzt ist der Einfluß der Temperatur auf die Isolatoren, wie dieses schon Priestley und Achard nachgewiesen haben. Unter andern fand Priestley daß Holz, welches er im Backofen ausgetrocknet hatte, so lange es noch heiß war, ein guter Leiter der Elektricität war, und erst nach der Abkühlung zu einem Isolator wurde.

Achard fand, daß die vollkommensten Isolatoren, namentlich eine Glasstange, rothglühend gemacht, geschmolzenes Siegellack, Pech, Bernstein, Schellack, Wachs, in den Erschütterungskreis gebracht, die Leydner Flasche eben so vollkommen entluden, wie jeder andere Leiter. Eben so verhielten sich die flüssigen Nichtleiter bei der Erhitzung. Achard ließ von dem innern Belege einer geladenen Flasche einen Messingdraht in Terpentinöl von der Temperatur $= -8°$ R. gehen, konnte aber keine Entladung bewirken, als er einen mit der äußern Belegung communicirenden Draht der Oberfläche desselben näherte, so wie er aber dasselbe zum Kochen brachte, konnte er Funken wie aus einem eisernen Drahte daraus ziehen.

Pfaff fand Schwefel im geschmolzenen Zustande als einen Leiter, während derselbe starr (also in niederer Temperatur) ein Isolator

ist. Auch für die Elektricität einer Volta'schen Säule fand derselbe rothglühendes Glas, geschmolzenes Siegellack als gute Leiter. Solche Körper, welche ihr unvollkommenes Leitungsvermögen der sie durchdringenden und überziehenden Feuchtigkeit zu verdanken haben, verlieren ihr Leitungsvermögen sobald diese Feuchtigkeit durch Erwärmung vertrieben wird, (z. B. Steine, namentlich Marmor, Holz, Papier, Pergament, Leder, Leinwand, Wolle), werden aber allmählig wieder bessere Leiter, sobald die Erwärmung weiter zunimmt.

Kemp hat auch von der Kohle nachgewiesen, daß ihr Leitungsvermögen bei erhöhter Temperatur zunehme, und daß sie im Zustande lebhafter Verbrennung den Strom einer einfachen Kette sogar eben so gut leitet als Metalldrähte. Kemp bediente sich bei seinen Versuchen eines galvanischen Apparates, und beobachtete den Einfluß der Leitung, in welche Kohle gebracht wurde, auf die Magnetnadel. Die im ersten Versuche unter der an einem einzelnen Coconfaden aufgehängten Nadel hinweggeführte, mittelst einfacher Drähte bewerkstelligte, ununterbrochen metallische Leitung wirkte so stark auf die Nadel, daß sie bei Schließung der Kette eine mit ihrer gewöhnlichen Richtung beinahe unter rechten Winkeln sich schneidende Lage annahm. — In dem zweiten Versuche wurde die metallische Leitung in einer Strecke von 6 Zoll durch brennende Koke's unterbrochen. An jedes Ende der leitenden Kupferdrähte befestigte Kemp nämlich $\frac{1}{4}$ Zoll dicke Eisenstäbe, deren freie Enden breit geschlagen worden waren, um eine größere Oberfläche darzubieten; die andern an die Kupferdrähte befestigten Enden wurden zum Behufe eines vollkommenen Contactes mit Amalgam bestrichen. Diese Eisenstäbe wurden in einer Entfernung von 6 Zoll von einander, in einen mit brennenden Koke's angefüllten Ofen aus Ziegelsteinen, ohne metallnen Rost gelegt. Hatte die Temperatur des Ofens Dunkelrothglühhitze erreicht, und wurde dann der Kreis geschlossen, von welchem die Kohle so einen Theil ausmachte, so wurde die Nadel nur sehr schwach afficirt. Deutlicher war die Wirkung beim hellen Rothglühen; bei der Temperatur schmelzenden Kupfers stieg diese Wirkung ungefähr aufs Doppelte, und fortwährend wuchs sie im Verhältnisse der Temperaturzunahme bis zum Schmelzpunkte des Eisens, bei welchem die Wirkung der einer vollständig metallischen Leitung nur wenig nachgab. — Dieser Versuch wurde hierauf in folgender Weise modificirt: Ein dichtes zusammenhängendes Stück Kohle von ungefähr 1 Zoll im Durchmesser und 6 Zoll Länge, wurde in einem dritten Versuche in den Kreis eingebracht, indem die beiden Enden desselben mit den beiden kupfernen Leitungsdrähten spiralförmig umwunden wurden, jedoch so, daß in der Mitte der Kohle ein Zwischenraum von ungefähr anderthalb Zoll frei von metallischer Leitung übrig blieb. In gewöhnlicher Temperatur wirkte der Strom eines einfachen Plattenpaares bei dieser unterbrochenen Leitung nicht auf die Magnetnadel; wurde aber die in den Ofen hinabgesenkte Kohle bis zum Rothglühen erhitzt, so zeigte die Nadel durch ihre Abweichung an, daß der elektrische Strom circulire, und die Wirkung desselben auf die Nadel nahm allmälig mit Steigerung der Temperatur zu. Hierauf ward das Kohlenstück so weit em-

vorgehoben, daß es der Zugöffnung des Ofens gegenüber zu stehen kam; die Wirkung auf die Magnetnadel wuchs unter diesen Umständen, indem die Kohle rasch verbrannte, in bedeutendem Grade. — Daß nicht sowohl der Grad der Temperatur, sondern der Zustand mehr oder minder rascher Verbrennung es war, welcher die leitende Kraft der Kohle in diesen Versuchen modificirte, lehrt der vierte Versuch, in welchem ein ähnlich wie beim vorigen Versuche zugerichtetes Kohlenstück in eine Glasröhre eingebracht wurde, die man dicht um die an die Kohle befestigten Kupferdrähte herum hermetisch verschloß. In dieser Weise vom Zutritte der Luft abgeschlossen und bis zum Rothglühen erhitzt, hemmte die Kohle bei übrigens verschlossenem Kreise, jede Wirkung des elektrischen Stromes auf die Magnetnadel; nur dann erst, als die Temperatur so hoch gesteigert worden war, daß die Glasröhre rings um die Kohle herum in Schmelzung gerieth, wurde eine schwache Wirkung wahrnehmbar, die indeß bei Weitem nicht einen so hohen Grad erlangte, als die der im Verbrennungszustande befindlichen Kohle.

Fechner hat noch darauf aufmerksam gemacht, daß das Leitungsvermögen der Metalle genau das umgekehrte ihrer Fähigkeit, sich durch die Entladung selbst zu erhitzen, zu sein scheint, wie aus der fast vollkommnen Zusammenstimmung der, diese Erhitzung als Maßstab zu Grunde legenden, Harris'schen Versuchsreihe in vielen Zahlwerthen mit den Resultaten, die nach den andern Verfahrungsweisen gefunden wurden, erhellt, während die Abweichung der andern Zahlwerthe nicht größer ist, als sie auch unter den andern Versuchsreihen selbst statt findet. Ein Versuch von Davy spricht ebenfalls dafür, denn er fand, daß, während ein silberner Schließungsdraht die Temperatur des Oels, in dem er sich befand, nur um 4° vermehrte, einer von Platin sie um 22° erhöhte, welche Zahlen sich wie 1 : $5\frac{1}{2}$ verhalten, während sich die von Davy bestimmten Leitungsvermögen dieser Metalle wie 1 : 6 verhalten, was bei solchen Versuchen keine große Abweichung ist. — Ein interessanter Versuch kann dienen, diese verschiedene Fähigkeit der Metalle sich unter dem Einfluß der Kette zu erhitzen, nachzuweisen. Bildet man einen Schließungsbogen einer kräftigen galvanischen Batterie aus an einander gelötheten abwechselnden Gliedern Platindraht und 4 bis 5mal dickerm Silberdraht, so werden die Glieder von Silber nicht merklich warm, alle Glieder von Platin aber kommen heftig und gleichmäßig zum Glühen. — Es ist bemerkenswerth, daß es nach der übereinstimmenden Angabe aller Beobachter beim Leitungswiderstand der Drähte nicht auf die Größe ihrer Oberfläche, sondern bloß auf die Größe ihres Querschnitts, gleichviel wie dieser gestaltet sein möge, ankommt, so daß zwei metallene gleichartige Leiter stets den nämlichen Leitungswiderstand äußern werden, wenn sie bei gleicher Länge gleiches Gewicht besitzen. — Vollkommen beweisend sind in dieser Hinsicht die Versuche Davy's und Ohm's. Ersterer ließ von zwei gleich langen und gleichviel wiegenden Platindrähten den einen flach walzen, so daß er eine 6 bis 7mal größere Oberfläche erhielt, und verglich nun das Leitungsvermögen beider nach der Art, wie sie die Wirkung in einem in demselben Kreise befindlichen Wasserzersetzungsapparate modificirten.

In der Luft zeigte sich nun zwar der abgeplattete Draht als der bessere Leiter, jedoch nur aus dem Grunde, weil sich seine durch den Galvanismus hervorgebrachte Hitze, welche das Leitungsvermögen vermindert, schneller abkühlte; als aber beide Drähte von Wasser umgeben waren, ließ sich keine Verschiedenheit in ihrem Leitungsvermögen wahrnehmen. Aehnliche Erfolge erhielt Ohm in einer thermoelektrischen Kette.*)

Aus Davy's Versuchen geht ferner noch hervor, daß der Leitungswiderstand, den ein einfacher Draht, und den mehre parallel sich berührende Drähte äußern, derselbe ist, wenn letztere Drähte bei gleicher Länge und Materie zusammengenommen das nämliche Gewicht besitzen, als der einfache Draht. Aus Ohm's Versuchen an der thermoelektrischen Kette geht sogar hervor, daß es nicht einmal nöthig ist, daß die Drähte sich berühren, damit jene Gleichheit stattfinde.

Eine Menge von Körpern, namentlich alle Salze, Säuren, Laugensalze, auch mehre einfache Körper, wie Chlor, Jod, Brom, welche im trockenen Zustande Nichtleiter der Elektricität sind, werden zu Leitern, sobald sie mit Wasser verbunden sind. Hierbei tritt die merkwürdige Erscheinung auf, daß die Auflösungen um so besser leiten, je mehr sie von dem im trockenen Zustande nicht leitenden Körper aufgelöst enthalten, je weniger also verhältnißmäßig von dem Wasser, welches für sich ein Leiter der Elektricität ist. Uebrigens ist das Wasser für sich ein nur schwacher Leiter der Elektricität. Nach Cavendish ist das Leitungsvermögen der Metalle ungefähr 400 Millionen mal größer als das des Wassers und nach Versuchen von Volta nimmt ein Strom elektrischer Flüssigkeit (wenn man die Elektricität als eine flüssige Materie sich vorstellt), welcher durch einen Metalldraht von der Feinheit eines Härchens mit Leichtigkeit hindurchgeht, im Wasser einen millionmal größern Raum ein und geht selbst durch diesen nicht mit derselben Leichtigkeit und in derselben Menge hindurch. Führt man nämlich den Entladungsstrom einer Leydner Flasche, die, wenn sie groß ist, nur schwach geladen zu sein braucht, oder den Entladungsstrom einer sehr schwach geladenen Batterie oder einer Säule aus hundert Lagen Kupfer und Zink, deren Spannung ungefähr 1°,5 des Volta'schen Strohhalmelektrometers beträgt, mittelst zweier ziemlich breiter Metallstreifen, die einander gegenüber stehen, durch Wasser, das sich in einem großen Becken oder in einer hölzernen oder irdenen Kufe befindet, so breitet sich der Entladungsstrom im Wasser rechter und linker Hand von dem geraden Pfade aus, der unmittelbar von dem einem Streifen zum andern führt, so daß, wenn man die eine Hand zur Seite desselben in einem Abstande von einigen Zollen von dem geradlinien Strome in das Wasser taucht, man von dem Entladungsschlage getroffen wird und einen Schlag erhält.

---

*) Dieß gilt jedoch nur für die galvanische, die in Bewegung seiende Elektricität, nicht für die gewöhnliche, die im Gleichgewicht befindliche Reibungs-Elektricität, welche sich wie Versuche bewiesen haben immer nur auf der Oberfläche der Körper verbreitet. S. d. Art. Elektricität.

Jener merkwürdige Umstand, daß eine Auflösung eines im trockenen Zustande nicht leitenden Körpers eine bessere Leitung gewährt, als Wasser für sich, findet aber in dem Umstande, wenigstens zum Theil, seine Erklärung, daß die Leitungsfähigkeit einer Flüssigkeit abhängig ist von dem chemischen Einflusse, welchen dieselbe auf die bei Construction der galvanischen Kette angewendeten Metalle hat.

In einer galvanischen Kette tritt nämlich neben dem Leitungswiderstande, welcher der Flüssigkeit eigenthümlich ist, noch ein anderer auf, ein Widerstand des Ueberganges vom flüssigen in den festen Körper, (s. d. Art. Galvanismus S. 538.), welcher sich mit der Flüssigkeit zugleich ändert. Man muß daher sehr wohl unterscheiden zwischen dem Gesammt-Leitungswiderstande, welcher mit einer gewissen Flüssigkeit und bei Anwendung gewisser Metalle auftritt und mit jener sich ändert, und dem Leitungswiderstande, welcher einer Flüssigkeit ihrer materiellen Beschaffenheit nach eigenthümlich ist; jener ist die Summe dieses und des Widerstandes des Uebergangs.

Fechner hat durch Versuche dargethan, daß der Widerstand des Ueberganges bei übrigens gleich construirten Ketten, von denen aber die eine mit Brunnenwasser, die andere mit salzsaurem Wasser geschlossen ist, in gleichen Zeiträumen von Schließung der Kette an, bei letzterer bedeutend geringer ist, ja daß dieser Widerstand, wenn er in Brunnenwasser schon zu einem hohen Grade gediehen ist, wieder abnimmt, sobald man der Flüssigkeit Säure hinzufügt. Zugleich hat Fechner aber gefunden, daß auch der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit selbst durch Hinzufügung von Säure sehr verringert wird, obgleich nicht nach gleichem Verhältnisse mit dem Widerstande des Ueberganges.

Der Widerstand des Ueberganges beträgt in den meisten Fällen den größten Antheil des Gesammtwiderstandes. Bei fast allen Versuchen, welche bisher über den Leitungswiderstand verschiedener Flüssigkeiten angestellt worden, hat man aber diesen Widerstand durchaus nicht von dem materiell-eigenthümlichen Leitungswiderstande der Flüssigkeiten geschieden; auch hat man darauf keine Rücksicht genommen, daß der Gesammtleitungswiderstand bei derselben Kette mit der Zeit sich ändert, und daß dieselbe Flüssigkeit je nach den verschiedenen bei einer Kette angewendeten Metallen nach dem Grade ihrer chemischen Einwirkung auf diese ein verschiedenes Leitungsvermögen zeigt. Fechner spricht in dieser Beziehung folgendes durch die Erfahrung bestätigtes allgemeines Gesetz aus:

„Das Leitungsvermögen in der Flüssigkeit (d. h. das Leitungsvermögen, welches sich aus dem zusammengesetzten Widerstande des Ueberganges und der Flüssigkeit ergibt) nimmt ab und zu mit der Größe der chemischen Einwirkung, welche die heterogenen Metalle der Kette oder homogenen Zwischenplatten von ihr erfahren, so daß dieselbe Flüssigkeit bald schlechter bald besser zu leiten scheinen kann, als eine andere, wenn sie einmal mit Metallen combinirt wird, die weniger, ein anderesmal mit solchen, die

mehr von ihr angegriffen werden, als von der anderen Flüssigkeit.*)

Einen schlagenden Beweis für diesen Satz gibt folgender Versuch. Man verbinde eine Platte Zink mit einer andern Metallplatte durch den Draht des Multiplicators und beobachte die Wirkung auf die Magnetnadel des Multiplicators, wenn die Metallplatten erst in destillirtes Wasser und dann, nachdem sie abgetrocknet worden, in rauchende Schwefelsäure getaucht werden. Es wird keine oder nur eine sehr geringe Ablenkung der Nadel zu bemerken sein. Mischt man jedoch nun Wasser und Schwefelsäure zusammen und taucht in diese Mischung die Metallplatten, so erfolgt eine sehr bedeutende Ablenkung der Nadel. Sowohl das Wasser als die rauchende Schwefelsäure vermögen die Metalle nur wenig anzugreifen, wird aber mit Wasser verdünnte Schwefelsäure angewandt, so tritt alsbald ein chemischer Proceß ein. Unter dem Einfluße der Säure wird das Wasser von den Metallen in seine Bestandtheile Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zerlegt. Sobald daher die Metalle eingetaucht werden, beginnt lebhafte Gasentwickelung und zugleich oxydirt sich das Zink. Fechner führt noch mehre ähnliche Beispiele zur Bestätigung des von ihm aufgestellten Satzes an.

Ganz wie die Schwefelsäure und das Wasser im vorigen Beispiel verhalten sich nach de la Rive's Erfahrung auch das Brom und Wasser zu einander, sowohl in der chemischen Wirkung auf die Metalle, als der elektromagnetischen auf die Nadel. Concentrirte Salzsäure und Salpetersäure wirken für die Combinationen aller leicht oxydirbaren Metalle, selbst wenn sie sehr nahe in der elektrischen Reihenfolge bei einander stehen, als sehr kräftige Leiter; dagegen wirken beide sehr schwach, wenn man Gold und Platin darin zusammen prüft, in sofern beide Metalle von diesen Säuren einzeln nicht angegriffen werden. Mischt man aber Salzsäure und Salpetersäure zusammen, so daß Königswasser daraus entsteht, so erfolgt eine lebhaftere Wirkung des Goldes und Platins auf die Nadel, und beide Metalle werden zugleich mehr oder weniger von der Flüssigkeit angegriffen. — Man findet ferner, daß Salzsäure sich gegen Silber und Gold als ein weit schlechterer Leiter verhält als Salpetersäure, da Salzsäure weder das Silber noch Gold in bemerklichem Grade, die Salpetersäure aber sehr leicht das Silber angreift; dagegen in Bezug zu andern Metallen die Salpetersäure nicht bedeutend stärker als die Salzsäure zu wirken scheint.

Bei Anwendung von Zwischenplatten findet derselbe Erfolg statt. Fechner nahm den Versuch mit Schwefelsäure und Wasser zwischen zwei Zwischenbogen von Zink vor.

Da Alkohol und Oele und überhaupt alle Flüssigkeiten, welche keine chemische Wirkung auf die Metalle hervorbringen, die Strömung der Kette unterbrechen, sobald man sie zur Schließung derselben anwendet, so kann man hieraus schließen, daß eine Wirksamkeit der Kette statt-

*) S. d. Art. Galvanismus.

finde, wenn Metalle und Flüssigkeiten auf einander einwirken. Es kommen dem Augenscheine nach in einzelnen Fällen zwar auch elektrische Strömungen vor, wo wie es scheint, keine chemische Einwirkung der Flüssigkeit auf die Metalle stattfindet. So führt Fechner an, daß er Störungen beobachtet habe beim Eintauchen von Gold und Silber in Salzsäure, Gold und Platin in Salzsäure oder Salpetersäure, beliebiger Metalle in concentrirter Schwefelsäure u. s. w., obschon nach dem Herausziehen dieser Metalle dieselben keine Veränderung ihrer Oberflächen zeigten. Die chemische Wirkung kann indeß vorhanden sein, ohne mit den Augen wahrgenommen zu werden, und man muß dieses um der Analogie willen mit denjenigen Versuchen, wo offenbar das Leitungsvermögen von der chemischen Einwirkung abhängt, annehmen.

Das Leitungsvermögen einer Flüssigkeit nimmt im Allgemeinen mit der Temperatur zu, und es läßt sich dieß daraus erklären, daß mit der Temperatur auch die chemische Wirksamkeit der Flüssigkeiten auf die Metalle zunimmt. Es ist eine bekannte Thatsache, daß alle Wirkungen der geschlossenen Säule stärker ausfallen, wenn man ihre Papp- und Tuchscheiben mit warmer Flüssigkeit benetzt, als wenn man sich kalter Flüssigkeit hierzu bedient. Schon die Temperatur der Luft zeigt sich von Einfluß. Bischof machte die Bemerkung, daß die wasserzersetzende Kraft einer mit Kochsalzauflösung aufgebauten Säule, so wie die Temperatur der sie umgebenden Luft zunahm und abnahm. Nähere Untersuchungen sind von Marianini angestellt worden. Er fand daß die Zunahme des Leitungsvermögens bei verschiedenen Flüssigkeiten durch Temperaturerhöhung um so geringer war, je bessere Leiter der Elektricität diese Flüssigkeiten an und für sich waren. Merkwürdig war der Umstand, daß wenn das Leitungsvermögen durch Erhöhung der Temperatur von einem gewissen Punkte aus bis zu einem beliebigen höhern zugenommen hatte, die Abnahme bei rückgängiger Abkühlung nicht so viel betrug, als die Zunahme, und die Flüssigkeit erst nach ziemlich langer Zeit ihr ursprüngliches Leitungsvermögen wieder erhielt.

Was nun die Versuche betrifft, welche verschiedene Physiker angestellt haben, um eine Reihenfolge der Flüssigkeiten aufzufinden, gemäß ihrem Leitungsvermögen, so ist von ihnen wie schon gesagt, auf den Widerstand des Ueberganges, oder worauf dieser am Ende sich reduciren würde, auf das chemische Verhältniß der Flüssigkeiten zu den angewendeten Metallen keine Rücksicht genommen worden. Die entdeckten Reihenfolgen werden also nicht sowohl die materiell-eigenthümlichen Leitungsfähigkeiten der Flüssigkeiten im Verhältnisse gegen einander ausdrücken, als vielmehr nur angeben: welches Gesammtleitungsvermögen bei Anwendung verschiedener Flüssigkeiten und derselben Metalle stattfindet.

Förstemann brachte in die Kette einer Säule, welche auf einen gleichförmigen Zustand der Wirksamkeit herabgekommen war, einen Wasserzersetzungsapparat und zugleich eine Röhre, welche nach einander mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt wurde und verglich nun die Zeiten, welche zur Entwickelung gleicher Gasquantitäten nöthig waren. Je größer der Leitungswiderstand einer Flüssigkeit war, desto längere Zeit

verging, bis sich die bestimmte Quantität Gas entwickelt hatte. Die Flüssigkeit befand sich bei diesen Versuchen zwischen Platindrähten und Förstemann ertheilt nun nachstehende Resultate.

Name der Flüssigkeit.	Specelles Gewicht derselben.	Entwickelung gleicher Gasquantitäten in folgenden Zeiten.	Entwickelung folgender Gasquantitäten in gleichen Zeiten.
Salzsäure	1,126	0,410	2,464
Essigsäure	1,024	0,423	2,398
Salpetersäure	1,236	0,438	2,283
Ammoniakflüssigkeit	0,936	0,459	2,177
Salmiaklösung	1,064	0,509	1,972
Schwefelsäure	1,848	0,575	1,737
Kalilauge	1,172	0,585	1,709
Kochsalzlösung	1,166	0,598	1,672
Bleizuckerauflösung	1,132	0,632	1,560
Destill. Wasser	1,000	1,000	1,000

Fechner bemerkt bei Anführung dieser Tabelle, daß man sich wohl hüten müsse, die in der letzten Spalte derselben enthaltenen Zahlen für ein wirkliches Maß des Leitungsvermögens oder die in der vorletzten Spalte enthaltenen für ein wirkliches Maß des Leitungswiderstandes in den zugehörigen Flüssigkeiten zu halten. Da die Röhre mit den Flüssigkeiten nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil zum Gesammtwiderstande der aus 204 Plattenpaaren bestehenden Kette beitrug, die Wirkung der Kette aber stets diesem Gesammtwiderstande proportional ist, so konnte eine Vergrößerung oder Verkleinerung jenes partiellen Widerstandes (bei Anwendung der verschiedenen Flüssigkeiten) auch nur einen verhältnißmäßig kleinen Einfluß zur Verstärkung oder Schwächung des die Wasserzersetzung hervorrufenden Stromes äußern, und wir müssen daher annehmen, daß die Differenzen zwischen dem Leitungsvermögen obiger Flüssigkeiten viel größer sind als die Zahlen obiger Tabelle ausdrücken.

Ebenfalls zwischen Platin stellte de la Rive Beobachtungen über das Leitungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten an. Derselbe brachte nämlich verschiedene Flüssigkeiten in ein Gefäß und ließ Platinplatten in dieselben tauchen, welche mit einer Säule in Verbindung standen. In der Kette befand sich zugleich ein Multiplicator. Alle Umstände waren übrigens bei den verschiedenen Flüssigkeiten dieselben. Die Abweichungen der Magnetnadel des Multiplicators bei Anwendung der verschiedenen Flüssigkeiten diente zur Bestimmung ihres verhältnißmäßigen Leitungsvermögens. Die Resultate welche de la Rive fand, stimmen nicht ganz mit den von Förstemann gefundenen überein.

Nach ihm ist von allen Flüssigkeiten die Salpetersäure diejenige, welche zwischen Platin den geringsten Leitungswiderstand äußert; dann folgt die Salzsäure, dann die Schwefelsäure. Reine und sehr verdünnte Salpetersäure bringt einen stärkern Leitungswiderstand hervor als concentrirte; dagegen Schwefelsäure, selbst sehr verdünnte, einen geringern Widerstand als concentrirte. Nach den genannten Säuren folgen Kalilauge und Ammoniakflüssigkeit, die sich fast nicht unterscheiden und die Salzauflösungen, die einen noch geringern Widerstand zu äußern scheinen, als die Alkalilösungen, jedenfalls aber einen stärkern, als die Säuren.

Marianini fand das Leitungsvermögen des Meerwassers 100 mal größer als das des destillirten Wassers.*) Derselbe fand nun (durch Beobachtung der Magnetnadel, auf welche der elektrische Strom ablenkend wirkte), indem er das Leitungsvermögen des Meerwassers = 100 setzte, folgende Werthe für das Leitungsvermögen von Auflösungen von je 1 Theil der Substanz in 100 Theilen Wassers. Die Flüssigkeiten befanden sich zwischen Elektromotorplatten aus Zink und Kupfer.

Name der Flüssigkeit.		Name der Flüssigkeit.	
Salzs. Platin	418	Citronensäure	85,71
Salpetersäure	358	Alaun	85
Salzs. Gold	307	Salzs. Natron	84,79
Salpeters. Silber	298	Schwefels. Kali	80
Saures salpeters. Quecksilberprotoxyd	278	Salpeter	78,3
Schwefels. Kupfer	258	Benzoes. Kali	76,56
Schwefelsäure	239	Glaubersalz	74,2
Sauerkleesäure	179	Melans. Ammoniak	71,15
Salzsäure	164	Benzoesäure	70,67
Essigs. Kupfer	154	Kohlens. Natron	69,2
Salmiak	150	Neutrales chlors. Kali	68,9
Sauerklees. Kali	149	Bicarbonat von Kali	66,7
Salzs. Eisen-Ammoniak	136	Essigs. Natron	64,9
Phosphorsäure, durch etwas phosph. Säure verunreinigt	127	Schwefels. Magnesia	62,64
Salzs. Kalk	110	Saures weinsteins. Kali	62,4
Weinsteinsäure	98,66	Eisenvitriol	62,26
Weinsteins. Kali	92	Salzs. Baryt	60
Essigsäure	87	Essigs. Kali	59,2
		Salpeters. Kalk	57
		Salzs. Eisenoxydul	56,53
		Kali	55,68

*) Hiermit stimmen auch Beobachtungen von Cavendish. Nach dem letzteren leitete ferner eine gesättigte Auflösung von Seesalz 720 mal besser als Wasser.

Name der Flüssigkeit.		Name der Flüssigkeit.	
Chlors. Baryt............	53,23	Natron......................	32,6
Schwefels. Zink..........	51,64	Aetzammoniakflüssigkeit	26,45
Brechweinstein	50,7 .	Blausäure	18,27
Phosphors. Natron.....	46	Eisenblaus. Natron......	10,96
Borax.......................	45,31	Destillirtes Wasser......	1,00
Phosphors. Kali..........	44,74	Alkohol......................	0,323

Nach Marianini läßt sich das Leitungsvermögen des Alkohol's gleich dem des Wassers durch Zusatz salziger Substanzen erhöhen, aber in weit geringerem Grade. Marianini bemerkt noch, daß die Leitungsfähigkeit beinahe im Verhältniß mit der Menge der aufgelösten Substanzen wachse, jedoch langsamer, wenn man sich dem Sättigungspunkte nähere, doch ohne daß diese Zunahme einfache Verhältnisse dargeboten hätte. Auch sagt derselbe, daß das Leitungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten für verschiedene Plattenpaare nicht in gleichem Verhältnisse stehe, und meint, daß die chemischen oder elektromotorischen Wirkungen, welche Metalle und Flüssigkeiten auf einander ausüben, die Ursache dieser Unregelmäßigkeiten seien. Durch diesen letzten Satz wird die oben gegebene Annahme von dem Einfluße der chemischen Wirkung auf das Leitungsvermögen bestätigt.

Pfaff hat gleichfalls Untersuchungen über die Reihenfolge der Flüssigkeiten hinsichtlich ihres Leitungsvermögens angestellt. Er brachte die zu untersuchenden Flüssigkeiten in ein Gefäß, in welchem die beiden Metallplatten, welche den elektrischen Strom der Flüssigkeit zuzuleiten bestimmt waren, die Seitenwandungen selbst ausmachten und in welchem, weil die übrigen Wandungen von überfirnißtem Glase gemacht waren, der elektrische Strom gezwungen war, von der einen Wand zu der andern durch die Flüssigkeit sich zu bewegen. Die jedesmalige Säule der Flüssigkeit (ein rechtwinkliges Parallelepipedum) war durch die Entfernung dieser beiden Wandungen von einander und durch die Höhe, bis zu welcher jede Flüssigkeit in das Gefäß gefüllt wurde, genau bestimmbar und mit jedem Metalldrahte von gegebener Länge und Durchmesser in Rücksicht auf Leitungsvermögen vergleichbar. In diesem Gefäße oder in dieser Zelle waren beide Metallwandungen auf der innern Seite im Feuer vergoldet, damit sie von keiner Flüssigkeit angegriffen werden konnten, und da die Wandungen einander gegenüberstanden, so wurde der Erfolg auf keine Weise durch die elektromotorische Wirkung zwischen dem Golde und der jedesmal in die Zelle gefüllten Flüssigkeit afficirt, da die von beiden Seiten gleichen Wirkungen einander, was die Erregung eines elektrischen Stromes betrifft, entgegengesetzt waren und sich folglich aufheben mußten. Bei diesem Apparate ist Fig. 148. d die Zelle, a der einfache Elektromotor, aus einem hölzernen ausgepichten Kasten bestehend, der jedesmal mit derselben Kochsalzauflösung gefüllt wurde, in welchen die

beiden Metallplatten von Kupfer K und Zink Z, die durch einen Elfenbeinstreifen c oben mit einander verbunden waren, hinabgelassen wurden. Durch eine passende, an diesem Streifen und dem Kasten angebrachte Vorrichtung h konnten diese Platten, beide gleichzeitig, zu jeder beliebigen Tiefe in die Flüssigkeit hinabgelassen werden. Von der Zinkplatte ging ein Draht nach der einen Wandung der Zelle, an welcher ein mit einer durchbohrten kleinen Metallkugel versehener Messingstift angebracht war, durch welche der vom Zinke ausgehende Draht hindurchgesteckt und durch eine kleine Schraube in innige Verbindung gebracht wurde. Eine ähnliche Vorrichtung b fand sich an der andern Metallwand der Zelle, mit welcher das eine Ende eines Multiplicators m, der um eine Magnetnadel herumging, verbunden wurde, während das andere Ende des Multiplicators mit der Kupferplatte in genauer Verbindung stand. So kreiste dann der elektrische Strom vom Kupfer durch den Multiplicator, die Zelle nach dem Zinke und durch die Flüssigkeit im hölzernen Kasten nach dem Kupfer. Streng genommen bestand dieser Apparat eigentlich aus zwei einfachen Elektromotoren, deren Wirkungen einander entgegengesetzt waren, nämlich einerseits aus einer Kette: Gold, Messing, Multiplicatordraht, Kupfer, andererseits Gold, Messing, Multiplicatordraht, Zink. Zieht man aber die Wirkung des ersteren, welche die eines Gold-Kupfer-Elektromotors ist, von derjenigen des zweiten, welche die eines Gold-Zink-Elektromotors ist, ab, so bleibt gerade die Wirkung eines Elektromotors aus Kupfer und Zink übrig.

Ein Prisma von einer gesättigten Salmiakauflösung (wie solches durch den Kasten, in dem sich die Auflösung befand, gegeben war) mußte bei gleicher Länge einen 247416 mal so großen Durchschnitt haben, um dieselbe Leitung zu gewähren wie ein Stahldraht; hiernach wäre das Leitungsvermögen jener Flüssigkeit um so viel mal schwächer, als das des Stahldrahtes. Das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten wurde so untersucht, daß in das dazu vorgerichtete Gefäß so lange von einer bestimmten Flüssigkeit zugegossen wurde, bis die Magnetnadel dieselbe Ablenkung wie bei den übrigen Flüssigkeiten zeigte. Je schlechter das Leitungsvermögen einer Flüssigkeit war, bis zu einer desto größeren Höhe mußte dieselbe in dem Gefäße gebracht werden. Folgende ist die von Pfaff gefundene Reihe der Flüssigkeiten nach ihrem Leitungsvermögen; die am schlechtesten leitende Flüssigkeit macht den Anfang.

Destillirtes Wasser, essigsaures Blei, salzsaures Blei, schwefelsaures Kali, Salpeter, salzsaurer Kalk (Chlorcalcium), schwefelsaures Natron, schwefelsaure Kalkerde, chlorsaures Kali, schwefelsaures Mangan, Brechweinstein, essigsaures Natron, Borax, weinsteinsaures Kali, benzoesaures Kali, salzsaures Mangan, kohlensaures Kali, essigsaures Kali, schwefelsaures Eisenoxydul, salpetersaures Blei, kleesaures Kali, Ammoniak von 956 specif. Gewicht, Weinsteinsäure, salzsaures Zinnoxydul, Alaun, Kupfervitriol, Zinkvitriol, verdünnte Phosphorsäure, starker Weinessig, englische Schwefelsäure mit 4 Theilen Wasser verdünnt, salpetersaures Quecksilberoxyd, concentrirte englische Schwefelsäure, salpetersaures Sil-

der, Salmiak, verdünnte Salpetersäure, salzsaures Eisenoxyd, salzsaures Platin, Salzsäure von 1120 specif. Gewicht.

Mehr geeignet nach dem oben Mitgetheilten zur Bestimmung des eigenthümlichen Leitungsvermögens der Flüssigkeiten sind andere Versuche von Pfaff. Derselbe suchte nämlich das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten mittelst Entladungen Leidner Flaschen zu bestimmen. Sein Verfahren gründet sich darauf, daß allemal eine bestimmte Stärke der Entladung erforderlich scheint, um Schießpulver zu entzünden, das sich im Entladungskreise einer Leidner Flasche befindet. Bringt man nun in denselben Entladungskreis successiv Röhren mit verschiedenen Flüssigkeiten, so wird für schwächer leitende Flüssigkeiten eine größere Ladung der Flasche erforderlich sein, um die Entzündung zu bewirken, als für stärker leitende, oder die Röhre wird mehr abgekürzt werden müssen. Indem nun Pfaff theils die Umdrehungen seiner Elektrisirmaschine verglich, welche erforderlich waren, um die zur Entzündung des Pulvers hinreichende Entladung zu bewirken, theils die Längen der Röhren, in denen sich die in die Kette gebrachten Flüssigkeiten hierbei befanden, gelangte er zu folgenden Resultaten: Das Leitungsvermögen des Wassers wird schon durch die Aufnahme von bloß $\frac{1}{640}$ Kochsalz etwa um das 11fache, von $\frac{1}{320}$ Kochsalz um das 18fache, von Salmiack aber in noch viel stärkerm Verhältnisse verstärkt. Weingeist von 84 pCt. leitete ungefähr 12 mal besser als absoluter, der sich fast wie ein Isolator verhielt. Rectificirtes Terpentinöl verhielt sich ungefähr wie 84 procentiger Weingeist; Aether wie absoluter Alkohol.

Walcker prüfte die salzsauren Salze der Alkalimetalle in Bezug auf ihr Leitungsvermögen. Er bediente sich eines Plattenpaares von Zink und Silber, und beobachtete den Multiplicator. Die Auflösungen enthielten 1 Theil Salz auf 100 Theile Wasser. Die von ihm gefundene Ordnung ist dieselbe, in welcher im Allgemeinen diese Basen hinsichtlich ihrer Verwandschaft zu Säuren stehen: Salz von Kali, Natron, Ammoniak, Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia.

Die verschiedenen Theile des thierischen Körpers sind so lange sie frisch sind gute Leiter der Elektricität, namentlich auch alle animalischen Flüssigkeiten. Wie besonders auch die Nerven guter Leiter der Elektricität sind, geht aus den physiologischen Wirkungen derselben hervor.*) Auch die frischen saftigen Pfanzentheile leiten die Elektricität, obschon weniger gut als thierische Theile; nach Austreibung der sie durchdringenden Flüssigkeiten, werden sie mehr oder weniger gute Isolatoren. Alle wässrigen Pflanzensäfte leiten, und zwar besser als Wasser, alle harzigen und öligen dagegen leiten nicht. Die Säfte einiger Pflanzen leiten die Eelktricität besser als die anderer, wie dieses aus der Erfahrung folgt, daß der Blitz lieber z. B. in Eichen als in Tannen und Buchen einschlägt.

---

*) S. d. Art. Galvanismus, Elektricität, Blitz.

Als ein ausgezeichneter Leiter der Elektricität verhält sich die Flamme. Priestley wies nach, daß das Leitungsvermögen derselben eigenthümlich, nicht etwa eine Folge der durch die Flamme erwärmten und verdünnten Luft sei. Eine geladene Flasche wurde schon aus der Entfernung von einigen Zollen von der Flamme eines Wachslichtes oder auch des Weingeistes ohne Geräusch vollständig entladen, während die viel größere Annäherung einer glühenden Feuerschaufel eine viel langsamere Entladung bewirkte, und als ein Stück glühenden Glases ganz nahe an die Flasche gebracht wurde, diese doch nur durch eine Explosion entladen wurde. Priestley fand ferner, daß eine Leidner Flasche im Brennpunkte eines Brennspiegels nicht entladen wurde. Neuere interessante und das Vorige bestätigende Versuche sind über die Leitungsfähigkeit der Flamme von Bonnycastle angestellt worden. Derselbe hielt den geladenen Deckel eines Elektrophor's 1 Minute lang $1\frac{1}{2}$ Zoll weit vor die Flamme einer Kerze und fand bei Prüfung des Deckels am Elektrometer denselben völlig entladen. Hierauf wurde der geladene Deckel über eine zum dunklen Rothglühen erhitzte Eisenmasse von mehren Pfunden Gewicht wie zuvor 1 Minute lang gehalten und dann am Elektrometer geprüft; er schien nichts von seiner Elektricität verloren zu haben. Nun wurde der geladene Deckel über rothglühende Steinkohlen gehalten, von denen einige weißglühend waren, und verlor seine Elektricität; über einer ähnlichen Masse dunkelroth glühender Kohlen, unter denen sich keine höher glühende befand, behielt er dagegen seine Elektricität. Der Deckel ward über verschiedene Flammen, namentlich von Schwefel, von Wasserstoff, über Platin, das durch einen Strom von Wasserstoffgas ins Weißglühen gebracht war, endlich über die Flamme von Alkohol gehalten. In allen Fällen, ausgenommen über die Flamme vom Schwefel, ging die Elektricität gänzlich verloren. Die Flamme des Schwefels entzog zwar dem Deckel seine Elektricität, wenn sie intensiv genug war, um fast weiß zu erscheinen; beschränkte sich aber die Verbrennung nur auf eine kleine Stelle und war die Flamme ganz blau, so fand wenig Verlust von Elektricität statt. — Der Deckel ward über ein kleines Stück Steinkohle gehalten, von welchem ein Punkt mit dem Löthrohre in Weißgluth erhalten wurde. Der Verlust der Elektricität war vollkommen, welches zu beweisen scheint, daß, wenn beim Schwefel eine kleine brennende Stelle nicht dieselbe Wirkung als eine größere leistete, dieß wohl von einer mindern Intensität, mit der die kleine Stelle brennt, herrührt. Man stellt das Experiment am besten so an, daß man ein ungefähr erbsengroßes Stück Steinkohle auf die Platte des Elektrometers legt und den geladenen Deckel darüber hängt. So lange die Steinkohle dem Verlöschen nahe ist, erfolgt keine Wirkung, so wie aber durch das Löthrohr ein glühender Punkt daran hervorgebracht wird, divergiren die Blätter des Elektrometers und bleiben getrennt, und man wird finden, daß der Deckel alle Elektricität verloren hat. — Die Elektricität entziehende Wirkung einer Lampe ist so kräftig, daß sich eine große Leidner Flasche leicht in 6 Zoll Entfernung vom ersten Conductor einer Elektrisirmaschine laden läßt, wenn man eine Lampe auf den Deckel der Flasche setzt. Die

Ladung läßt sich bei diesem Versuche nicht über einen gewissen Grad treiben, und wenn die strahlende Elektricität dann mit einem kleinen seidnen Schirme untersucht wird, so wird man sie positiv an einer Seite der Flamme und negativ an der andern finden, so daß, während ein Theil der Flamme die Flasche ladet, der entgegengesetzte sie entladet. Eine Flasche von $1\frac{1}{4}$ Quadratfuß Belegung ward in solcher Weise zu 10 bis 15 Grad des Quadranten-Elektrometers geladen, wenn sie 2 Fuß vom ersten Conductor einer 7zolligen Cylindermaschine stand. Wenn das Licht in einem metallenen Gefäße eingeschlossen ist, so daß es bloß noch so viel Communication mit der Atmosphäre hat, um brennend zu bleiben, so wird die Flasche ebenfalls noch geladen werden, wiewohl mit minderer Intensität; ist aber das Gefäß von Glas, so wird die Flasche gar keine Ladung erhalten und die Glashülle sich stark negativ zeigen. Eine Flasche wird nicht vollständig durch ein auf ihrem Gipfel stehendes Licht entladen werden, wenn die Luft still ist, aber ein Luftstrom erleichtert sehr das Vermögen brennender Körper, sowohl die Elektricität zu entladen als sie zu entziehen.

Die merkwürdigsten Erscheinungen bietet aber die Flamme in ihrem Verhalten gegen eine Volta'sche Säule, wie dieses von **Ermann** entdeckt worden ist. Es sei eine thätige Volta'sche Säule so vollkommen als möglich durch eine nicht elektrisirte Harzfläche von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß Durchmesser isolirt, und mit jedem Pole der Säule sei ein empfindlicher Elektrometer verbunden. Berührt nun die Flamme einer gleichfalls sorgfältig isolirten Weingeistlampe bald den einen bald den andern Polardraht, so zeigt das am entgegengesetzten Pole angebrachte Elektrometer keine Veränderung seiner Divergenz. Wird aber die den einen Pol berührende Flamme mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt, so steigt die Differenz des Elektrometers am entgegengesetzten Pole bis zum Maximum (höchsten Grade), ganz eben so, wie wenn jener Pol leitend berührt worden wäre. Dieß geschieht, man mag den positiven oder den negativen Pol mit der Flamme berühren. *Es wirkt also die Flamme des Weingeistes wie ein guter Leiter, wenn sie an jedem Pole einzeln angebracht wird.* Bringt man nun aber beide Polardrähte der Säule zugleich in die isolirte Flamme, ohne daß sie sich berühren, so zeigt sich, daß hierdurch die Kette *nicht* geschlossen wird, die Flamme vielmehr wie ein Isolator die Kette unterbricht, indem die Elektrometer fortfahren zu divergiren und die Polardrähte auch sonst keine der Erscheinungen der geschlossenen Kette hervorbringen. Berührt man während dieser Anwendung der Flamme einen der zwei Pole ableitend, so erhält das Elektrometer am andern Pole das Maximum der Divergenz, ganz eben so, wie wenn die Säule vollkommen isolirt wäre und ihre Pole außer aller leitenden Verbindung ständen. Berührt man jedoch die Flamme selbst ableitend, so zeigt das Elektrometer am negativen Pole das Maximum der Divergenz, wie wenn einseitig der positive Pol ableitend berührt worden wäre, das Elektrometer am positiven Pole verliert jede Spur von Divergenz. Hier also *leitet die Flamme die positive Elektricität ganz*

vollkommen, während sie für die negative ein vollkommner Isolator ist.

Das merkwürdige Verhalten der Flamme im angeführten Falle, hat Ermann zu dem Begriffe der unipolaren (nur auf einen Pol wirkenden) Leiter geführt. Wie die Weingeistflamme wirken noch andere Körper, und wie diese sich gegen positive, so verhalten sich andere gegen negative Elektricität leitend, die entgegengesetzte Elektricität ausschließend. Es sind hiernach positiv-unipolare Leiter und negativ-unipolare Leiter zu unterscheiden. Zu den ersten gehört die Flamme aller wasserstoffreichen Körper, z. B. des Weingeistes, der fetten und ätherischen Oele, des Wachses, des Kampfers, der Harze u. s. w., zu den letzten die ganz trockne alkalische Seife, die Flamme des Phosphors, der ganz trockne Eiweißstoff. Um die Erscheinung mittelst eines negativ-unipolaren Leiters zu zeigen, verfährt Ermann wie folgt. Er isolirt eine Säule, welche mit einer gut leitenden Flüssigkeit geschichtet ist und aus so viel Plattenpaaren besteht, daß sie auch ohne Anwendung des Condensators an ihren Polen im ungeschlossenen Zustande elektroskopische Erscheinungen zeigt, und bringt jeden ihrer Pole mit einem sehr empfindlichen Goldblattelektroskop in Verbindung, wo dann jedes Elektroskop den Grad der Divergenz annimmt, der durch die Anzahl der Plattenpaare bedingt wird, und wobei der elektr. Nullpunkt sich in der Mitte des Apparats befindet. — Darauf nimmt er ein prismatisches Stück recht trockner alkalischer Seife und steckt in eins seiner Enden einen Metalldraht, der mit dem Boden in Verbindung steht. Berührt er nun mit dem andern Ende einen von beiden Polen der Säule, so wird dieser sogleich entladen; die Divergenz des daselbst befindlichen Elektroskops wird null; dagegen nimmt die Divergenz des Elektroskops am andern Pole zu. Alles zeigt sich so, als wenn der vom Seifenprisma berührte Pol mit dem Boden in leitender Verbindung gestanden hätte, und der Erfolg ist hier für einen Pol der nämliche als für den andern. — Während nun die Säule noch isolirt bleibt, und die Divergenz der Elektrometer sich wieder hergestellt hat, schließe man den Kreis zwischen den Polen durch das nämliche Stück Seife, indem man in die beiden Enden desselben Metalldrähte steckt, die sich nach beiden Seiten zu den Polen begeben. Ungeachtet dieser Verbindung werden die Elektroskope nach wie vor divergiren, so daß die Seife hier als Nichtleiter zu wirken scheint. — Hat man sich aber von dieser Isolirung vollkommen überzeugt, so berühre man die Seife einen Augenblick mit einem Metalldraht, der mit dem Boden in Verbindung steht; sogleich wird das Elektrometer am negativen Pol zusammenfallen und das am positiven das Maximum der Divergenz erlangen. Die Seife erhält also ihr Leitungsvermögen jetzt wieder, aber bloß um die negative Elektr. abfließen zu lassen, und immer ist es diese, die sie vorzugsweise durchläßt, selbst wenn man sie ganz nahe an dem Draht berührt, der sich zum positiven Pol der Säule begibt. Dieser bleibt darum um nichts minder isolirt. — Man erhält den auffallendsten Beweis dieser paradoxen Eigenschaft, wenn man, während die Seife die Verbindung zwischen beiden Polen der Säule herstellt, mit benetz-

tem Finger zugleich den negativen, in die Seife gehenden Polardraht und die Seife selbst berührt. Man wird keinen Schlag erhalten, und die Elektrometer zeigen nicht die mindeste Aenderung in ihren resp. Divergenzen; das positive bleibt null und das negative erreicht das Maximum eben so, wie durch bloße Anlegung der Hand an die Seife. Wiederholt man aber diesen Versuch so, daß man mit benetzten Fingern am positiven Drahte und an der Seife schließt, so erhält man einen Erschütterungsschlag, die Elektrometer fallen zusammen und der Kreis ist geschlossen. — Man unterbreche die Continuität eines der in der Seife befestigten Drähte, und schalte darin einen Wasserzersetzungsapparat ein. So lange die Poldrähte lediglich durch die trockne Seife mit einander in Verbindung stehen, findet keine Wasserzersetzung statt, denn alle Strömung ist so gut als unterbrochen. Befeuchtet man nun einen kleinen Schwamm oder eine Tuchscheibe mit Wasser und legt sie so an den negativen Polardraht, daß sie zugleich die Fläche der Seife berührt, so bleibt alles wie zuvor; es findet keine Gasentwickelung statt. Sobald man aber den feuchten Leiter zwischen den positiven Draht und die Substanz der Seife andrückt, so stellt sich augenblicklich die Wasserzersetzung mit voller Energie ein, und die Elektrometer bezeugen zugleich, daß die Dazwischenkunft des feuchten Leiters jetzt den vollkommensten Durchgang der positiven Elektr. und Neutralisation mit der negativen verstattet. Zu dieser Umwandlung ist die geringste Quantität Feuchtigkeit schon hinreichend; daher auch das Erforderniß, die Seife ganz trocken anzuwenden, wenn man wirklich die Zeichen der Unipolarität beobachten will.

Neuere Versuche über unipolare Leiter zu Erklärung derselben sind von Ohm angestellt, doch würde es zu weit führen, dieselben ausführlich zu beschreiben. Bei diesen Versuchen fand Ohm, daß die Ausbildung der unipolaren Eigenschaft der Seife in einer zwar sehr kurzen, aber dennoch wahrnehmbaren Zeit geschehe; der Grund der Unipolarität muß also eine bei Einbringung in die Kette geschehende, (nachher aber dauernde) Aenderung in der Seife sein. Ohm hat ferner nachzuweisen gesucht, daß an der Seife unter dem Einfluße der Kette eine Zersetzung vor sich gehe. Hiernach scheint also die negative Unipolarität der Seife keine derselben an sich zukommende Eigenschaft zu sein, sondern erst dadurch zu entstehen, daß vermöge chemischer Wirkung der Kette auf die Seife, welche zur Schließung dient, sich ein schlechtleitender Ueberzug an der Berührungsfläche des positiven Polardrahtes mit der Seife bildet. Aehnliche Ursachen scheinen nun auch der Unipolarität anderer Körper und der Flammen zu Grunde zu liegen.

Ohm hat bei seinen Versuchen einen neuen unipolaren Leiter kennen gelernt, nämlich die concentrirte Schwefelsäure, wenn dieselbe zwischen Polardrähten von Zink oder Messing angebracht wird, wogegen sie zwischen Polardrähten von Gold oder Platina keine unipolaren Eigenschaften besitzt. Hier zeigt sich wieder aufs auffälligste der Zusammenhang chemischer Verwandtschaft und elektrischer Leitungsfähigkeit. Die Unipolarität bildet sich bei der Schwefelsäure, wenn die geeigneten Metalldrähte mit ihr in Verbindung gesetzt werden, in sehr merklicher Zeit aus, und man sieht deutlich, daß sie die Folge eines unauflöslichen

Ueberzuges von schwefelsaurem Zink ist. Es wird nöthig sein Ohms Versuche über die Schwefelsäure etwas genauer anzuführen.

Zwischen die beiden Hälften einer frisch aufgebauten Säule von 100 Plattenpaaren wurde concentrirte Schwefelsäure gebracht, und von jedem Pole ein $\frac{1}{3}$ Linie starker Messingdraht in die Säure geleitet, doch ohne daß sie sich unter einander unmittelbar berührten. Wurde nun der negative Polardraht oder irgend eine Stelle der concentrirten Schwefelsäure durch Berührung mit einem Leiter mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, so verlor stets der negative Pol alle Elektricität; dagegen stieg das Elektrometer am positiven Pole zu seiner größten Höhe an, und erst, wenn der positive Polardraht ableitend berührt ward, verlor der positive Pol alle Elektricität, und die des negativen erreichte zugleich ihren höchsten Grad. — Diese Unipolarität der Schwefelsäure kommt ihr jedoch nur dann zu, wenn man gewisse Metalle am positiven Pole als Drähte anwendet (am negativen Pole ist die Beschaffenheit der Drähte gleichgültig für den Erfolg). So kann man dem Messingdraht auch Zinkdraht, und mit geringer Einschränkung selbst Kupfer- oder Silberdraht, unbeschadet der unipolaren Eigenschaften substituiren, dagegen bei Anwendung von Gold- oder Platindraht, sowie von Blei- oder Zinndraht (deren Verhalten jedoch nicht ganz so constant ist) am positiven Pole keine unipolare Wirkung eintritt. — Wird der concentrirten Schwefelsäure nach und nach in sehr kleinen Portionen Wasser zugesetzt, so nehmen allmählig ihre unipolaren Eigenschaften ab und verschwinden bald ganz und gar. Bringt man nämlich die Säure mit dem Erdboden in Verbindung, wobei der negative Pol alle Elektricität verliert und der positive anfänglich seine stärkste zeigt, so wird während des Zusetzens von Wasser zur Säure der negative Pol zwar fortwährend ohne Spannung bleiben, aber auch der positive Pol wird bald von seiner Spannung etwas verlieren, dann immer mehr, und zuletzt gar keine mehr zeigen, wenigstens am unbewaffneten Elektrometer. — In jenem Zustande, wo die Schwefelsäure die unipolaren Erscheinungen am Elektrometer noch vollständig bewirkt, sind auch alle Stromeswirkungen, wie bei der Seife, ganz verschwunden. Wie bei der Seife bleiben auch hier alle eben angegebenen Erscheinungen noch ganz dieselben, wenn man den negativen Draht und die Säure durch einen feuchten Leiter verbindet, und beide Elektrometer zugleich fallen zusammen, die Säule gibt Schläge und Wasserzersetzung tritt ein, wenn die nasse Verbindung vom positiven Drahte zur Säure geschieht. Hierin aber unterscheidet sich die Schwefelsäure von der Seife, daß statt des feuchten Leiters auch Drähte von Platin, Gold, Blei oder Zinn genommen werden können, ohne daß dadurch der vorerwähnten Stromesverstärkung Eintrag geschehe. — Daß auch bei der Schwefelsäure die Unipolarität erst durch die Strömung selbst erzeugt wird, mittelte Ohm zwar nicht, wie bei der Seife durch das Elektrometer, sondern durch einen in den Kreis der Säule eingeschalteten Multiplicator aus, indem er fand, daß, wenn die Kette zwischen Polardrähte aus Messing oder Zink mit concentrirter Schwefelsäure geschlossen ward, die Wirkung auf den Multiplicator zwar im ersten Augenblicke einen sehr bedeutenden Ausschlag (bis über 90°) gab,

der aber nach 2 Minuten nie über 5° betrug. Da nun die Unipolaritätserscheinungen stets blos insofern auftreten, als die Strömungswirkungen verschwinden, so schloß er auf dieser Erfahrung, daß auch bei der concentrirten Schwefelsäure die Unipolarität erst einer gewissen Zeit zu ihrer Ausbildung bedarf, und dieß um so mehr, da Gold und Platin, welche keine unipolaren Erscheinungen zeigten, auch eine viel größere bleibende Wirkung auf die Nadel zeigten, indem hier der Ausschlag (nach 2 Minuten) nie unter 75° betrug. Bei Blei, Zinn, Eisen, Silber und Kupfer war der Ausschlag (nach 2 Minuten) in der Ordnung, wie diese Metalle aufgeführt worden sind, geringer als bei Gold und Platin, doch zeigte er sich hier mehr wechselnd. — Bei der Schwefelsäure läßt sich übrigens die Abhängigkeit der unipolaren Erscheinungen von Bildung eines schlechtleitenden Ueberzuges am positiven Polardrahte mit noch größerer Bestimmtheit als bei der Seife nachweisen. Man bemerkt nämlich, daß sich Zink und Messing in der Kette an ihren positiven Stellen mit einer dichten Rinde, aus einer derben salzartigen Masse gebildet, überziehen, die an der Luft oder über Weingeistflamme getrocknet, von weißer, bei Messing von dunkelgrüner Farbe ist und in beiden Fällen zum größten Theile aus schwefelsaurem Zinke zu bestehen scheint, daß aber Gold und Platin an derselben Stelle selbst nach längerer Zeit noch völlig ungeändert bleiben und dort nichts weiter gewahren lassen als eine anhaltende Gasentwickelung, die dagegen bei Zink und Messing nur in den ersten Augenblicken nach der Schließung vorhanden ist, später jedoch ganz aufhört. — Von der schlechten Leitungsfähigkeit des im Zink und Messing sich bildenden Ueberzuges überzeugte sich Ohm durch directe Versuche, und der Umstand, daß der Ueberzug in concentrirter Schwefelsäure unangegriffen bleibt, zeigt, daß das schwefelsaure Zink hierin unauflöslich ist, während es dagegen in wässriger Schwefelsäure sich sofort auflöst, daher hier die unipolaren Erscheinungen nicht zu Stande kommen. Auch am Kupfer, wenn es den positiven Pol darstellt, bildet sich unter dem Einfluß der Kette durch die concentrirte Schwefelsäure ein schlechtleitender Ueberzug, der zwar mit bloßem Auge nicht wohl wahrgenommen werden kann, indem das Metall vielmehr noch rein metallisch erscheint, aber unter der Lupe als eine glänzende farblose und durchsichtige Rinde sichtbar wird, und dessen schlechtes Leitungsvermögen dadurch erhellt, daß, wenn man der Schwefelsäure (nach eingetretener Veränderung des Kupfers) Quecksilber zur Schließung der Säule zwischen dem Kupfer substituirt, keine Wirkung auf den Multiplicator eintritt, die dagegen sofort erfolgt, wenn man das Kupfer mit dem Messer abschabt.

Mit den Erscheinungen der unipolaren Leiter scheint eine andere Erscheinung im Zusammenhange zu stehen, welche ebenfalls zuerst von Ermann beobachtet worden, daß nämlich der glühende Platindraht der Glühlampe (s. d. Art. Platin) die positive Elektricität leicht aus sich ausströmen, aber nur mit größter Schwierigkeit in sich einströmen, dagegen die negative Elektricität mit Leichtigkeit in sich einströmen und mit größter Schwierigkeit aus sich ausströmen lasse. Er stellte folgenden Versuch an.

Auf ein Goldblattelektrometer von etwas großer Dimension, um dem zu leichten Anschlagen zu entgehen, stelle man eine Glühlampe, deren Platindraht vorzüglich in seinen obern Windungen recht lebhaft glüht, welche letztere Bedingung unerläßlich ist. Man halte über die Lampe in der Entfernung von 4—6 Zollen den negativen Pol einer trockenen Säule oder die negative Belegung einer nur sehr schwach geladenen Ladungsflasche. Das Elektrometer wird augenblicklich divergiren und fortwährend anschlagen. Man wiederhole dasselbe mit dem positiven Pole oder der positiven Belegung; es wird bei gleicher Entfernung entweder gar keine wahrnehmbare Divergenz oder eine ohne allen Vergleich schwächere stattfinden. Nun befestige man in derselben Entfernung von 4 bis 6'' über der isolirten Glühlampe einen isolirt getragenen leitenden Schirm, etwa eine 4—5zollige Scheibe von leichtem Blech oder metallisirtem Papier; mit diesem Schirme bringe man das Elektrometer in Verbindung und gebe nun der isolirten Lampe mittelst derselben Säule oder derselben Flasche zuerst positive Ladung, so wird dem darüber befindlichen Schirme schnell und continuirlich die positive Elektricität zugeleitet, wie die schnelle Divergenz und das wiederholte Anschlagen seines Elektrometers zeigt. Von der negativ geladenen Lampe hingegen bekommt der Schirm entweder gar keine Ladung, oder eine gegen die vorige positive ganz unverhältnißmäßig schwache oder fast verschwindende.

Nach Ermann zeigt sich aus diesem und ähnlichen Versuchen der glühende Platindraht als ein negativ unipolarer Leiter. Becquerel hat sich aber gegen diese Erklärung geäußert, weil, wenn man einen Platindraht, der durch irgend ein anderes Verfahren als die Verbrennung von Alkoholdämpfen (wie beim Glühlämpchen) zum Glühen gebracht ist, den beiden Polen einer trocknen Säule darbietet, derselbe die Elektricität beider Pole gleich gut leitet. Becquerel macht die Erklärung vielmehr davon abhängig, daß der Draht, der in einer Atmosphäre verbrennenden Alkoholdampfes glüht, negativ, und diese Atmosphäre positiv elektrisch sei. Für gewöhnlich binden beide Elektricitäten einander, so daß keine frei ist und bemerkt wird. Durch das Nahebringen des negativen Poles einer trockenen Säule wird die positive Elektricität der Weingeistatmosphäre gebunden und die negative Elektricität des Drahtes folglich frei; durch Annäherung des positiven Poles dagegen soll die negative Elektricität des Drahtes gebunden und die positive der Weingeistatmosphäre frei werden.

Was die Leitungsfähigkeit des luftleeren Raumes betrifft, so geht aus den von Davy angestellten Versuchen (s. d. Art. Elektricität und Funke) hervor, daß wenn derselbe mit auch noch so schwachen Dämpfen oder ihn abschließenden Materien erfüllt ist, stets sich leitend verhält. Auch durch den ganz luftleeren Raum scheint sich die Elektricität fortzupflanzen, wie durch die Versuche Davy's bestätigt wird, bei denen er mittelst geschmolzenen Zinns eine torricellische Leere herstellte, doch führt Ermann mehre Beispiele an, aus denen der Beweis folgen soll, daß der leere Raum ein vollkommner Nichtleiter der Elektricität sei. Walsh in Gegenwart Franklins, Smeatons, de Lucs u. A. stellte folgenden Versuch an.

Eine zweischenklig gebogene Röhre von Barometercaliber, die so war, daß jeder Schenkel 2 Fuß Länge über die Normalhöhe (28 Zoll) hatte, wurde sorgfältig mit Quecksilber angefüllt, die Mündung jedes Schenkels in ein Gefäß mit Quecksilber getaucht und die Röhre aufrecht gestellt, so daß zwei Barometer daraus entstanden, wovon jedes über sich einen Toricellischen Raum von mehren Fuß Länge hatte. Durch diesen leeren Raum hingen die beiden Quecksilbersäulen zusammen. Isolirte man nun die beiden Gefäße, worin sich die beiden Schenkel endigten, und theilte dem einen etwas Elektricität mit, so entstand eine leuchtende Erscheinung im leeren Raume in dem Augenblicke, als man das zweite Gefäß berührte. Die elektrische Wirkung war folglich von einem Behälter zum andern durch die leitende Eigenschaft des leeren Raumes hindurch geführt worden, auch gab das andere isolirte Gefäß wirklich Funken bei der Berührung. Nun wurde aber der ganze große mit Quecksilber angefüllte Heber genau ausgekocht und wie vorher aufgestellt und behandelt. Es fand sich hierauf, daß in diesem vollkommen von Luft und Wasserdampfe gereinigten Raume nicht die mindeste leitende Kraft übrig war. Die dem einen Behälter mitgetheilte Elektricität ging nicht im mindesten zu dem entgegengesetzten über. Mehre Tage lang stand die Vorrichtung und wurde täglich von vielen der dasigen Gelehrten geprüft und die isolirende Eigenschaft dieses vollkommen leeren Raumes hielt sich trefflich, bis zuletzt aus dem Quecksilber nach und nach einige zurückgebliebene oder zurückgetretene feuchte Luft sich allmählig nach dem Bogen der Röhre gezogen hatte, und von nun an zeigte der Toricellische Raum eine zunehmende Leitungsfähigkeit.

Ein anderer Versuch ist von Ermann selbst angestellt worden.

Eine Barometerröhre endigte oben in eine einen Zoll weite Kugel, in welche ein Platindraht eingeschmolzen war. Mit dem Quecksilber des isolirten gläsernen Gefäßes, in welches die Barometerröhre eingetaucht war, communicirte leitend ein empfindliches Elektrometer. Wurde das Barometer nur auf die gewöhnliche Weise, jedoch mit aller Sorgfalt, mit Quecksilber gefüllt, so zeigte das Elektrometer eine merkliche Divergenz, wenn der eine Pol einer isolirten Volta'schen Säule mit dem obern Drahte in Verbindung stand und der andere Pol ableitend berührt wurde; wenn aber das Barometer sorgfältig ausgekocht und der möglichst leere Raum hervorgebracht war, so fand diese Fortleitung der Elektricität auf das Elektrometer nicht statt.

Zu den Nichtleitern oder Isolatoren der Elektricität gehören alle diejenigen Stoffe, welche als Mittelglieder in eine gute (die entgegengesetzten Elektricitäten zu einander überführende) Leitung z. B. von Metalldrähten gebracht, die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten entweder ganz verhindern, oder, wenn sie gegen die Menge der erregten Elektricität von zu geringer Quantität sind, beim Uebergange derselben durch die Leitung, eine Platzung verursachen. Vor allem ist die Luft ein Nichtleiter, sowie überhaupt alle Gasarten die Elektricität isoliren. Im Allgemeinen scheinen die Gasarten sowohl unter einander, als auch jede einzelne Gasart mit sich selbst verglichen,

um so besser zu isoliren, je dichter sie sind. Was die übrigen expansiblen Flüssigkeiten, die Dämpfe und Dünste betrifft, so leiten diese, welche mit fein vertheilter tropfbarer Flüssigkeit geschwängerte Luft sind, die Elektricität, und von den Dämpfen leiten wenigstens die Dämpfe guter Leiter, wie Quecksilberdampf u. a. (welches aus den im Art. Funke angeführten Davy'schen Versuchen folgt), wogegen dunstfreier Wasserdampf (d. h. Dampf ohne wäßrigen Niederschlag) ein Isolator der Elektricität ist. — Die Gase werden durch Erhitzung immer mehr zu guten Leitern der Elektricität, und Faraday vermuthet, daß ihr Leitungsvermögen noch mehr erhöht werden würde, wenn man sie zu gleicher Zeit zusammendrückte und verdichtete*).

In Bezug auf Flüssigkeiten hat Faraday das allgemein gültige Gesetz durch eine Reihe von Versuchen gefunden: daß Elektricität von schwacher Spannung von einer zahlreichen Klasse von Körpern im starren Zustande isolirt, im flüssigen geleitet wird, in welchem Falle chemische Zersetzung der Flüssigkeit eintritt. Es gibt aber auch viele flüssige Körper, welche Elektricität von niedriger Spannung nicht leiten; einige leiten sie und werden nicht zersetzt.

Achard hatte schon 1776 die Beobachtung gemacht, daß Eis ein Isolator der Elektricität sei und zwar ein um so schlechterer, je kälter es ist. Er machte seine Versuche in freier Luft, wo er fand, daß eine Stange von Eis, die 2 Schuh lang und 2 Zoll dick war, einen sehr schlechten Leiter abgab, wenn das Thermometer — 6° R. zeigte, und daß sie nicht im geringsten mehr leitete, als das Thermometer auf — 20° R. fiel. Er drehte ein Sphäroid von Eis auf einer dazu eingerichteten Maschine und elektrisirte dadurch einen ersten Leiter, daß er leichte Körper anzog, zurückstieß, Funken gab u. s. w.; das Eis, das er gebrauchte, war frei von Luftblasen und ganz durchsichtig.

Auch Ermann beobachtete schon 1802, daß Eis ein Isolator sei. Ausgedehntere Versuche mit Eis und andern Stoffen, welche in flüssiger und starrer Aggregationsform auftreten, hat neuerer Zeit Faraday angestellt. Derselbe spricht sich über die Anstellung und die Resultate seiner Versuche aus, wie folgt.

Ich ließ Zinngefäße verfertigen, offen an einem Ende, 5 Zoll hoch, $\frac{3}{4}$ Zoll lang und 3 bis $\frac{5}{8}$ Zoll breit. In diesen wurden mittelst Korkstücke Platinplatten befestigt, doch so, daß sie nicht die Zinngefäße berührten. Zuvor waren an die Platten Kupferdrähte gelöthet, die, wenn es erforderlich wurde, leicht mit einer Volta'schen Säule verbunden werden konnten. Dann wurde destillirtes Wasser, das zuvor drei Stunden lang gekocht hatte, in die Gefäße gegossen, und durch ein Ge-

*) Eine merkwürdige Aehnlichkeit mit den Gasen zeigt in Beziehung auf Elektricitätsleitung das Schwefelsilber, wie Faraday bemerkt hat. Dieser Körper leitet, so lange er heiß ist, Elektricität (von niederer Spannung einer Volta'schen Batterie) so gut wie Metalle, verliert aber diese Eigenschaften beim Erkalten, während dieselbe bei erkaltenden Metallen zunimmt. (S. oben.)

menge von Salz und Schnee zum Gefrieren gebracht, so daß zwischen dem Platin und Zinn reines, durchsichtiges und festes Eis befindlich war. Endlich setzte ich diese Metalle mit den Polen des Volta'schen Apparats in Verbindung und schloß zugleich einen Galvanometer mit in die Kette ein. — Beim ersten Versuch war der $3\frac{1}{2}$ Zoll lange und $\frac{7}{8}$ Zoll breite Platinpol ganz im Wasser oder Eise untergetaucht, und da das Gefäß $\frac{4}{8}$ Zoll in Breite enthielt, betrug die Dicke des die beiden Metalle trennenden Eises im Mittel $\frac{1}{4}$ Zoll, und die Größe seiner Berührungsfläche mit beiden Polen beinahe 14 Quadratzoll. Noch nach der Gefrierung des Wassers wurde das Gefäß in der Kältemischung erhalten, und der Contact des Zinns und des Platins vollzogen mit den Enden einer gut geladenen volta'schen Batterie, bestehend aus 20 Paaren vierzolliger Platten (mit Doppelplatten von Kupfer). Nicht die geringste Ablenkung der Galvanometernadel stellte sich ein. — Das Gefäß wurde nun aus der Kältemischung genommen und am Boden gelinde erwärmt, ohne indeß die Verbindung mit der Batterie zu unterbrechen. Das Eis begann zu schmelzen, aber die Nadel bewegte sich nicht sogleich; erst als das Thauen so weit vorgerückt war, daß Theile von dem am Platinpol sitzenden Eise schmolzen, trat Leitung ein; dann aber war sie so stark, daß die Galvanometernadel bleibend fast 70° abgelenkt wurde. — Bei einem andern Versuche war von einem 5 Zoll langen und $\frac{7}{8}$ Zoll breiten Platinspatel ein 4 Zoll langes Stück in dem Eise befestigt, und letzteres zwischen den beiden Metallen nur $\frac{3}{16}$ Zoll dick. Dennoch isolirte diese Vorrichtung so vollkommen wie die frühere. — Es wurde nun etwas Wasser in das Gefäß auf das Eis gegossen; allein es trat keine Leitung ein, wiewohl offenbar flüssiges Wasser vorhanden war. Dieß hatte seinen Grund darin, daß die kalten Metalle das mit ihnen in Berührung kommende Wasser zum Gefrieren brachten und dadurch den noch flüssigen Theil desselben isolirten; ein guter Beleg von der Nichtleitungsfähigkeit des Eises, indem er zeigt, wie dünne die Schicht zu sein braucht, um dem Strome der Batterie den Durchgang zu verwahren. Als auch Theile dieser dünnen Schicht an beiden Metallen schmolzen, trat Leitung ein. — Nach Erwärmung des Zinns und Fortnahme des Eisstücks fand sich, daß, weil einer der Korke nachgegeben hatte, das Platin mit einem seiner Ränder fast mit der innern Oberfläche des Zinns in Berührung gekommen war; allein ungeachtet der außerordentlichen Dünnheit des daselbst zwischen den Metallen befindlichen Eises ging keine merkliche Menge von Elektricität hindurch. — Diese Versuche wurden mehrmals mit gleichem Erfolge wiederholt. Zuletzt wurde eine Batterie von 15 Trögen oder 150 Paaren vierzolliger Platten stark geladen angewandt; allein auch dann ging keine merkliche Elektricitätsmenge durch die Eishülle. — Da es nicht wahrscheinlich schien, daß die Leitungsfähigkeit im flüssigen Zustande und der Verlust derselben beim Gefrieren dem Wasser allein angehöre, so suchte ich sogleich diese Eigenschaft in andern Fällen zu ermitteln, und erkannte sie als eine sehr allgemeine. Zu diesem Zwecke wurden Körper gewählt, welche in gewöhnlicher Temperatur starr und in höherer schmelzbar waren, und eine solche Zusammensetzung hatten,

daß aus anderen, von der elektromagnetischen Action hergenommenen Gründen zu folgern stand, sie würden das Wasser ersetzen können. Als Elektricitätsquelle wurde eine Volta'sche Batterie von zwei Trögen oder zwanzig Paaren vierzolliger Platten gebraucht und in deren Kreis ein Galvanometer eingeschaltet, um die Gegenwart oder Abwesenheit eines Stromes anzuzeigen. — Als ich ein wenig Chlorblei über einer Weingeistlampe auf einem Scherben einer florentiner Flasche schmolz und in dasselbe zwei mit den Polen der Batterie verbundene Platindrähte steckte, trat augenblicklich eine mächtige Wirkung ein, der Galvanometer wurde aufs stärkste ergriffen und das Chlorblei rasch zersetzt. Nach Fortnahme der Lampe erstarrte das Chlorid und sogleich hörte der Strom mit seinen Wirkungen gänzlich auf, wiewohl die Platindrähte darin eingeschlossen blieben, nicht mehr als $\frac{1}{16}$ Zoll von einander entfernt. Bei abermaliger Erwärmung ging der elektrische Strom wieder über, sogleich als die Schmelzung so weit vorgeschritten war, daß flüssige Masse die Pole verband. — Mit Chlorsilber und chlorsaurem Kali auf gleiche Weise verfahren, wurden dieselben Resultate erhalten. — Sobald in diesen Fällen der Strom überging, trat Zerschmelzung der Substanz ein. — Andere Substanzen, welche nicht auf Glas geschmolzen werden konnten, wurden es vor dem Löthrohr auf Platin, welches mit einem Pol der Batterie verbunden war, und dann wurde ein mit dem andern Pol verbundener Draht in dieselben getaucht. Auf diese Weise zeigten auch Chlornatrium, schwefelsaures Natron, Bleioxyd, ein Gemenge von kohlens. Kali und Natron u. s. w. genau die bereits beschriebenen Erscheinungen. Flüssig leiteten sie und wurden zersetzt, erstarrt, wenn auch noch heiß, isolirten sie den Strom der Batterie, selbst wenn vier Tröge angewandt wurden. — Für Substanzen, welche zu ihrem Schmelzen eine sehr hohe Temperatur erforderten, wurde folgende Einrichtung getroffen. Mit einem Pol der Batterie wurde ein Platindraht verbunden und sein Ende zu einem kleinen Ringe umgebogen, wie es B e r z e l i u s für Löthrohrversuche vorschreibt. Dann wurde etwas Salz, Glas, oder eine andere Substanz mittelst des gewöhnlichen Löthrohrs oder auch zuweilen mittelst des Knallgebläses auf diesem Ring geschmolzen, und wenn der, von dem Ring gehaltene Tropfen durch und durch heiß und flüssig war, von dem andern Pole her ein Platindraht mit ihm in Berührung gesetzt, worauf dann die Erscheinungen eintraten. — Die folgenden, in chemischer Hinsicht aus verschiedenen Klassen genommenen Substanzen zeigten sich diesem Gesetze unterthan. Die Liste ließe sich ohne Zweifel außerordentlich erweitern, ich hatte indeß nicht Zeit mehr zu thun, als das Gesetz durch eine hinreichende Zahl von Beispielen zu bestätigen. — Zuerst W a s s e r; dann unter den O x y d e n: Kali, Bleioxyd, Antimonglas, Antimonoxydul, Wismuthoxyd; — von C h l o r i d e n: das von Kalium, Natrium, Barium, Strontium, Calcium, Magnesium, Mangan, Zink, Blei und Silber, das Chlorür von Kupfer, Zinn und Antimon; — von J o d i d e n: das von Kalium, Zink, Blei und Quecksilber, nebst Zinnjodür; — Fluorkalium, Cyankalium, Schwefelcyankalium; — unter den S a l z e n: chlorsaures Kali, salpetersaures Kali, Natron,

Baryt, Strontian, Blei-, Kupfer- und Silberoxyd, schwefelsaures Natron und Blei; schwefelsaures Quecksilberoxydul; phosphorsaures Kali, Natron, Blei- und Kupferoxyd; glasige Phosphorsäure oder saurer phosphorsaurer Kalk; kohlensaures Kali und Natron, einzeln und gemischt; Borax, borsaures Bleioxyd, borsaures Zinnoxyd; einfach und doppelt chromsaures Kali, chromsaures Bleioxyd, essigsaures Kali; — unter den Sulphureten: Schwefelantimon, Schwefelkalium, gewöhnliches und durch Wasserstoffgas aus schwefelsaurem Kali reducirtes; — kieselsaures Kali, mineralisches Chamäleon. — Höchst interessant ist es bei denjenigen dieser Substanzen, welche erweichen bevor sie fließen, zu beobachten, bei welchem Punkt sie das Leitvermögen erlangen und bis zu welchem Grade dasselbe durch eine vollkommene Liquidität erhöht wird. Erhitzt man z. B. borsaures Bleioxyd über der Lampe auf Glas, so wird es so weich als Syrup, allein es leitet nicht; erst wenn man die Hitze mit dem Löthrohr verstärkt und es zu hellem Glühen bringt, wird es leitend. Wenn es vollkommen flüssig geworden ist, leitet es mit ungemeiner Leichtigkeit. — Folgende Körper erlangen beim Flüssigwerden kein Leitvermögen: — Schwefel, Phosphor, Jodschwefel, Zinnjodid, Operment, Realgar, Eisessig, Gemenge von Margarin- und Oelsäure, künstlicher Kampfer, Koffein, Zucker, Fettwachs, Stearin von Cacao-Oel, Wallrath, Kampher, Naphthalin, Harz, Sandarakharz, Schellack. — Zinnchlorid, Arsenchlorür, Arsenchlorür-Hydrat, besitzen, wiewohl sie flüssig sind, kein vom Galvanometer angebbares Leitvermögen, werden auch nicht zersetzt. — Borsäure wurde durch die Flamme eines Knallgebläses der möglich höchsten Temperatur ausgesetzt, allein dennoch wurde sie weder so leitend, daß der Galvanometer sich bewegte, noch erlitt sie eine sichtbare Volta'sche Zersetzung. Sie schien ein völlig so schlechter Leiter zu sein als die Luft. Grünes Bouteillenglas, auf gleiche Weise erhitzt, erlangte kein für den Galvanometer merkliches Leitvermögen. Flintglas, sehr erhitzt, leitete ein wenig und zersetzte sich, beides in stärkerem Grade, so wie die Menge des Kalis oder Bleioxyds in diesem Glase vergrößert wurde. Diejenigen Gläser, welche einerseits aus Borsäure und andererseits aus Bleioxyd oder Kali bestehen, zeigen beim Flüssigwerden die Leitungsfähigkeit und die damit verknüpfte Zersetzung sehr gut. — Diejenigen Substanzen, welche im flüssigen Zustande leitend werden, werden es im Allgemeinen in sehr hohem Grade. Unter ihnen allen ist beim Wasser die so erlangte Leitungsfähigkeit am schwächsten; bei den verschiedenen Oxyden, Chloriden, Salzen u. s. w. ist sie viel stärker; ich habe nicht Muße gehabt, die Leitungsfähigkeit bei letzteren Substanzen zu messen, doch ist sie sichtlich mehre hundert Male größer als beim Wasser. Die erhöhte Leitungsfähigkeit, welche dem Wasser durch Zusatz von Salzen gegeben wird, scheint in beträchtlichem Grade herzurühren von dem hohen Leitvermögen dieser Substanzen im flüssigen Zustande, welchen Zustand sie hier nicht durch Hitze, sondern durch Lösung im Wasser erhalten haben."

Das Quecksilberiodid ist die einzige von Faraday beobachtete Substanz (doch gibt es wahrscheinlich mehre derartige), welche sich im

starren Zustande als isolirend und im flüssigen als leitend erweist, ohne wie es scheint im letzteren eine Zersetzung zu erleiden. — Faraday macht noch aufmerksam auf die merkwürdige Beziehung, welche zwischen Elektricitätsleitung und Wärmeleitung besteht. So wie die starre Substanz flüssig wird, verliert sie fast ganz das Vermögen der Wärmeleitung, so wie sie aber in den starren Zustand zurückkehrt, bekommt sie die Fähigkeit der Wärmeleitung wieder und verliert die der Elektricitätsleitung. — Faraday hat ferner durch Versuche gefunden, daß die Isolation mittelst Eises für eine Elektricität von hoher Intensität nicht wirksam sei, woraus sich eine neue Bestätigung der Sache ergibt, daß Isolation und Leitung nur relative Begriffe sind, d. h. Isolation nur ein bis zur Unmerklichkeit schlechtes Leitungsvermögen für Elektricität von gewisser Intensität bezeichne.

Unter den festen Körpern gehört zu den vorzüglichsten Isolatoren das Glas, sowohl das natürliche als das künstliche. Hierher gehören alle vollkommnen und Halbedelsteine, alle dem Glase an Härte, Durchsichtigkeit, Glanz und Mischung gleichkommenden Mineralkörper. Indeß finden auch unter den glasartigen Körpern große Verschiedenheiten hinsichtlich des Leitungsvermögens statt. Gewisse künstlich bereitete Glassorten sind mehr oder weniger sogar Leiter der Elektricität, wie schon Hemmer und Cavallo bemerkt haben. Es kommt hierbei auf die Zusammensetzung des Glases an, doch sind genauere Versuche in dieser Beziehung noch nicht angestellt. — Wie Glasröhren sogar zu Leitern der Elektricität werden können, sieht man aus Versuchen, welche von einem Unbekannten herrühren.

Eine ihm eigenthümliche theoretische Ansicht veranlaßte ihn, eine zwei Fuß lange Barometerröhre an beiden Enden in feine Spitzen anzuziehen, auf Kohlen, um alle Feuchtigkeit fortzutreiben, zu erhitzen und dann an den Enden zuschmelzen zu lassen. Als er vermittelst einer solchen Röhre eine Leidner Flasche durch Verbindung mit dem ersten Leiter der Maschine zu laden versuchte, erhielt er während der ersten fünf Minuten, welche die Maschine im Gange war, keine Spur von Ladung, dann aber zeigte sich an den beiden Spitzen der zugeschmolzenen Röhre elektrisches Licht, und zwar an der vordern (ohne Zweifel der dem Conductor zugekehrten) ein Lichtpunkt, an der hintern ein schöner Strahlen-Büschel; hierauf fing die Flasche an, sich zu laden, nach jedem Entladen stärker, und noch an demselben Tage lud sich durch eine solche Röhre eine Batterie so vollkommen, als wenn sie mit dem ersten Leiter der Maschine in Berührung gewesen wäre (?). Ein solcher Glasconductor hat dabei die Sonderbarkeit, daß er von der Elektricität einen großen Theil selbst dann noch fortpflanzt, wenn man ihn unmittelbar in der Hand hält, und einer, an welchem die Spitze abgebrochen war, so daß die atmosphärische Luft eindringen konnte, blieb dessenungeachtet ein eben so vortrefflicher Leiter. Selbst Glasröhren von 4 bis 6 Fuß Länge konnte jener Physiker auf die angezeigte Weise in treffliche Conductoren verwandeln. Je dünner von Glas solche Röhren sind, um so schneller werden sie auf die angegebene Weise zu Leitern; einige Röhren müssen mehre Stunden lang und wiederholt der Ein-

wirkung der Elektricität unterworfen bleiben, ehe sie Leiter werden. Van Mons, der diese sonderbaren Glasconductoren selbst untersuchte, bemerkt, daß sie nur einige Linien weit waren, daß die Elektricität sie in einem freien Zustande als sichtbare Flüssigkeit durchströme. Daß nicht die in den Röhren durch vorherige Erhitzung verdünnte Luft die Leitung vermittele, ergab sich daraus, daß diese Röhren eben so gut leiteten, wenn sie an einem oder an beiden Enden offen waren.

Phosphor, Schwefel, Selen, Boron, Silicium, Chlor, Jod, Brom, überhaupt alle nicht metallischen brennbaren einfachen Körper sind Nichtleiter der Elektricität. Auch die Kohle gehört in ihrem reinsten Zustande, als Diamant, zu den besten Isolatoren. Von den brennbaren Mineralien sind ausnahmsweise Anthracit, Graphit und mineralische Holzkohle Leiter. Die meisten dagegen sind Isolatoren, besonders Bernstein, Honigstein, Asphalt, Gagat, die meisten Steinkohlen. Auch die flüssigen brennbaren Mineralien wie Steinöl und natürlicher Naphta sind Isolatoren.

Im Allgemeinen sind ferner alle Oxyde und ihre Hydrate, alle Jod-, Chlor- und Bromverbindungen in ihrem möglichst trockenen Zustande Isolatoren, eben so alle Salze, namentlich auch die Metallsalze, alle trockenen Steine und Erdarten.

Das Pflanzenreich liefert treffliche Isolatoren: die Harze. Schellack, Siegellack, Federharz, Wachs, Myricin sind Isolatoren. Auch der Zucker, trocknes arabisches Gummi, die trockenen Pflanzensäuren und Pflanzensalze (Weingeist, Kleesalz u. a.), Holz, Rinde (beide nur im höchst trockenen Zustande), Baumwolle, sind Nichtleiter, wogegen die Faser des Leines, das Garn und die daraus gewebten Zeuge, Hollundermark auch ausgetrocknet Leiter der Elektricität sind. Die fetten Oele des Pflanzenreichs wirken als gute Isolatoren, so wie (nach Priestley) auch die ätherischen und brenzlichen Oele und die natürlichen Balsame. Aus dem Thierreiche geben alle fetten Substanzen (Talg, Wachs, Wallrath) Isolatoren, so wie auch die ausgetrockneten Theile des thierischen Organismus, welche im natürlichen festweichen Zustande Leiter sind. Die trockenen Hautbedeckungen der Thiere: Haare, Pelzwerk, Federn gehören zu den besten Isolatoren, eben so das Gespinnst der Seidenraupe und die aus derselben bereitete Seide.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich wie nach Maßgabe der Umstände, namentlich des Feuchtigkeitzustandes und der Temperatur, derselbe Körper als Nichtleiter, schlechter Leiter und guter Leiter (z. B. Holz) auftreten könne. Es ist daher überflüssig noch eine besondere Klasse von Körpern unter dem Namen von Halbleitern der Elektricität zu unterscheiden. Man rechnete (nach Volta, der sie zur Unterlage der Collectorplatte des Condesators s. d. Art., empfahl) zu derselben namentlich diejenigen Körper, welche auch nach einer mäßigen Austrockung noch einen Antheil Feuchtigkeit zurückhalten und durch diesen zu mittelmäßigen Leitern werden, wie Elfenbein, Schildpatt, Knochen, Horn, Leder, Papier, Pergament, gewöhnliches Holz, Marmor, Alabaster u. a.

Aus allem über das Leitungsvermögen der Körper hier Zusammengestellten ergibt sich die volle Bestätigung der als Resultate von Faraday ausgesprochenen Sätze, welche dienen den gegenwärtigen Stand unsrer Kenntnisse über das Leitungsvermögen der Körper zu bezeichnen. In denselben ist nur die unipolare Leitungsfähigkeit einiger Körper übergangen:

1) Alle Körper, von den Metallen ab bis zu dem Lack und den Gasen, leiten Elektricität in gleicher Weise, allein in verschiedenen Graden.

2) Die Leitungsfähigkeit wird durch Hitze in einigen Körpern erhöht, in andern geschwächt, ohne daß jedoch dabei ein wesentlicher elektrischer Unterschied in den Körpern oder in den von der geleiteten Elektricität veranlaßten Veränderungen wahrzunehmen ist.

3) Elektricität von schwacher Spannung wird von einer zahlreichen Klasse von Körpern im starren Zustand isolirt, im flüssigen geleitet, und dann werden diese Körper dadurch zersetzt.

4) Es gibt aber auch viele flüssige Körper, welche eine Elektricität von dieser niederen Spanung nicht leiten; einige leiten sie und werden nicht zersetzt; auch ist das Flüssigsein nicht wesentlich nöthig zur Zersetzung.

5) Bis jetzt ist nur Ein Körper entdeckt, welcher, starr, den Volta'schen Strom isolirt, flüssig denselben aber leitet, und dabei nicht zersetzt wird (Quecksilberjodid).

6) Zwischen den als einfach angesehenen und den als zusammengesetzt bekannten Körpern läßt sich bis jetzt hinsichtlich der Elektricitätsleitung kein scharfer Unterschied feststellen.

Licht ist derjenige unwägbare einfache Stoff*), welcher vorzugsweise unser Auge afficirt und das Gesehenwerden derjenigen Gegenstände bewirkt, von denen derselbe in das Auge gelangt; oder ist diejenige eigenthümliche Affection der Körper, durch welche sie ohne unmittelbare Berührung auf den Sinn des Gesichts wirken. Das Wahre ist, daß wir keine deutliche Vorstellung von dem haben, was das Licht sei, es ist ein Unbekanntes, das uns nur in seinen Wirkungen erscheint, gewiß kein Körper, denn es fehlt ihm die Schwere, aber wir sprechen dennoch von ihm als von etwas Materiellem, indem wir z. B. sagen: das Licht fällt oder dringt in unser Auge, es fällt durch eine Oeffnung, es geht von einem Körper aus u. s. w. Diese Sprechweise ist vielleicht nicht ganz richtig, aber so lange man nur im Bewußtsein festhält, daß sie nicht anders als sinnbildlich ist, geeignet zur leichtesten Verständigung.

Die Wirkungen des Lichtes sind mannigfach; die wichtigste und das Licht charakterisirende ist die Wirkung auf das Auge, das Sehen. Um sie genügend zu erklären, müßte man erst wissen, was in Wahrheit das Licht sei, ohne dieß kann jede Erklärung des Sehens nur

*) S. d. Art. Einfache Stoffe.

dürftig sein. Wir sagen, es sei die Ursache desselben eine eigenthümliche Affection des Nervens, welcher sich im Auge zur Netzhaut ausbreitet*). Ohne das Licht würde das Auge nutzlos sein, und ist es auch überall wo das Licht fehlt, in der Finsterniß. Ferne Gegenstände afficiren die übrigen Sinne entweder gar nicht, oder nur dann, wenn die Entfernung sehr gering ist. Während der nächst dem Auge am weitesten reichende Sinn, das Ohr, nicht einmal für Entfernungen, welche auf der Erde vorkommen, ausreicht, durchdringt das Auge wahrhaft unermeßliche Räume; das Licht kommt aus Entfernungen zu uns, die wir allenfalls in Zahlen ausdrücken können, von denen wir uns jedoch auf keine Weise eine Vorstellung verschaffen können.

Der Schatten (s. d. Folg.) und die Farben sind Wirkungen des Lichtes. Durch den ersteren entdecken wir Gestalt und Entfernung der Gegenstände mit Hilfe der Erfahrung und Reflection. Durch die Farben gewinnt die Natur Schönheit und Mannigfaltigkeit. Daß das Licht die Ursache von Schatten und Farben sei, erfahren wir durch den Umstand, daß beide mit dem Lichte verschwinden.

Zu den mächtigsten Wirkungen des Lichtes gehören die auf Gestalt und Färbung der Pflanzen und Thiere. Es scheint als allgemein gültiger Satz angenommen werden zu müssen, daß ohne das Licht es keine organischen Wesen geben könne. Da wo die größte Fülle des Lichtes auf der Erde ist, sehen wir die blühendste Kraft und Gesundheit bei Pflanzen und Farben, mächtigen Wuchs, Farbenpracht. So sind Pflanzen und Thiere in den Gegenden zwischen den Wendekreisen am mannigfaltigsten, kräftigsten, größten, buntesten und nehmen an Farbenfrische, Stärke und Kraft gegen die Pole hin immer mehr ab. Ein ähnlicher Unterschied herrscht zwischen Pflanzen und Thieren, die im freien Lichte erwachsen und denen, die den größten Theil ihres Lebens in engen lichtarmen Gemächern, Kellern, Kerkern u. s. f. zubringen. Beispiele gibt es in Menge. In Spitzbergen hat man nur 30 wildwachsende Pflanzengattungen gefunden, in Kamtschatka 150, in Lappland 534, in Island 553, in Schweden 1299, in der Mark Brandenburg etwa 2000, in Piemont 2800, auf der Küste Coromandel 4000, in Jamaica und Madagascar 5000. Die Pflanzen der nördlichsten Gegenden kommen auch in südlicheren Breiten vor, sind aber dort als unansehnliche Zwergarten, während sie hier in stattlichen Individuen erscheinen. Die schönsten Bäume, die herrlichsten Blumen, die üppigsten Sträucher und Gräser kommen nur in den Tropengegenden vor, und wir verpflanzen sie mühselig in unsere lichtärmeren Gegenden und an den Verkrüppelungen die jene Pflanzen in unsern Gewächshäusern dennoch erfahren, obschon wir ihnen künstlich dieselbe Wärme, einen gleichen Boden wie in ihrer Heimath geben, erkennen wir am deutlichsten, daß das Licht es ist, unter dessen Einfluß sie ihre natürliche Schönheit und Kraft erlangen. Noch mehr wird dieß durch die Erfahrung bestätigt, daß Pflanzen in Kellern oder überhaupt an

*) S. d. Art. Auge und Gesicht.

dunklen Orten aufbewahrt, ein schwächliches verblichenes Ansehn erhalten und endlich ganz verkommen. Die Wirkung des Lichtes zeigt sich endlich noch an dem Umstande, daß die Pflanzen auf alle ihnen mögliche Weise nach dem Lichte hinstreben. Man kann dieß an jeder im Zimmer gehaltenen Pflanze bemerken. Einige Pflanzen erschließen und verschließen ihre Kelche mit dem Kommen und Verschwinden der Sonne und noch andere begleiten den Lauf der Sonne, indem sie ihren Kelch derselben fortwährend zugewendet halten. Interessant ist ein merkwürdiger hierher gehöriger Fall, den Blumenbach mittheilt. In einem Keller, in dem man Wurzelwerk den Winter über aufbewahrt hatte, und an dem sich nur oben an der einen Seite eine kleine Oeffnung befand, durch die das Licht hineinscheinen konnte, war beim Ausräumen im Frühling in einem entfernten Winkel eine Kartoffel liegen geblieben, welche nun einen Ausläufer trieb, der erst zwanzig Fuß weit auf dem Boden hin und an der Wand in die Höhe fortrankte, bis er endlich das Lichtloch erreichte. — Auch auf den Wohlgeruch und den Geschmack der Pflanzen scheint das Licht eben sowohl, wie die Wärme großen Einfluß auszuüben, da in unsern Gewächshäusern bei erhöhter Temperatur zum Wachsen gebrachte Pflanzen, weder den Geschmack, noch den Duft der in südlichern Gegenden freiwachsenden Pflanzen haben.

Ganz ähnlich und fast noch auffallender ist der Einfluß des Lichts auf die Thierwelt; auch hier findet sich mit der Annäherung an den Aequator eine bei weitem größere Mannigfaltigkeit der Gattungen und Geschlechter als im Norden. Der Süden soll nach Minding 7mal mehr Geschlechter von Säugethieren haben als der Norden und 18mal mehr Gattungen, indem die südlichen Geschlechter reicher an Gattungen, als die nördlichen sind. Die Thiere der wärmern Zone zeichnen sich überdieß durch größere Verschiedenheit des Baues und der Farbe vor denen kälterer Länder aus. Bei den meisten Tropenthieren z. B. bei den Fledermäusen und Katzen sind die unterscheidenden Kennzeichen der Gattungen weit deutlicher ausgeprägt; auch sind ungleichartigere Formen hier weit häufiger als in den kältern Zonen mit einander verbunden, wie z. B. der Gnu, welcher fast so groß wie ein Pferd ist und auf der nackten Brust eine Mähne hat, am Kinn einen Bart und Hörner fast wie das Rind, und viele andere. Die buntgefärbten Panther und Schlangen, die prächtigen Kolibris, die mit den brennensten Roth, Blau, Grün und Gelb geschmückten Fische, der Brillantkäfer u. s. f. kommen nur in der heißen Zone vor. Im allgemeinen sind die Thiere des Nordens bleich, farblos, braun, falb oder weiß und dieselben Arten (z. B. Füchse, Bären, Hirsche, Hasen, Kaninchen u. a.) sind im Norden weiß oder fahl, während sie in südlicher gelegenen Gegenden in bunten Farben erscheinen. Daß hiervon der Mangel des Lichts die Ursache sei, sieht man u. a. daraus, daß auch die des Lichtes beraubten Eingeweidewürmer, die Bandwürmer, Spulwürmer, Madenwürmer u. s. w. ganz weiß sind, aber bald ihre Farbe verändern, wenn sie dem Lichte ausgesetzt werden. Nach Thornton sollen an einem dunklen Orte gefangen gehaltene Mäuse weiße

Mäuse hervorbringen. Auch auf den Menschen äußert das Licht seinen Einfluß. Der des Sonnenlichtes beraubte Mensch ist blaß, schießt schmächtig auf und hat überhaupt ein krankhaftes Aussehen. Man vergleiche in dieser Beziehung Stadtbewohner, namentlich Gelehrte und Handwerker, welche den größten Theil ihres Lebens in Zimmern zu bringen, mit Landbewohnern. Namentlich mag das Licht neben der dasselbe begleitenden Wärme auch die Ursache von den Verschiedenheiten der Menschenraçen, namentlich der Hautfärbung sein. Von besonderm Einfluße ist das Licht auch auf das Nervensystem und dadurch auf den Geisteszustand des Menschen, wie man wenigstens vermuthen muß nach der unmittelbaren Bangigkeit, Beklommenheit, welche uns bei Verfinsterungen überfällt. Ein trüber Himmel stimmt das Gemüth auch des unbefangensten Menschen herab, während das Licht Heiterkeit und Freude in ihm erregt. Daß übrigens zu starkes Licht, so wie schneller Wechsel des Lichtes und der Finsterniß auch zerstörend auf unser Auge wirken könne, ist bekannt. Ueber das Licht als die Ursache, wo nicht die Einheit aller Farben s. d. Art. Farbe, Brechbarkeit u. a.

Zu den wichtigsten und interessantesten Wirkungen des Lichtes, namentlich des Sonnenlichtes gehören die chemischen Veränderungen, die dasselbe hervorzubringen im Stande ist, indem es entweder chemische Verbindungen herstellt oder aufhebt. Bringt man gleiche Theile Chlorgas und Wasserstoffgas in ein farbloses Glas und verschließt dasselbe, so bleibt das Gasgemenge bei gewöhnlicher Temperatur im Dunkeln unverändert, setzt man aber das Glas dem Tageslichte aus, so verbinden sich beide Stoffe langsam zu Salzsäure und im Sonnenlichte verbinden sie sich schnell unter Verpuffung. Aehnliches erfolgt auch in blauem Glase, aber in rothem geht die Verbindung gar nicht, oder nur langsam vor sich. Bei stark scheinender Sonne erfolgt jene Verpuffung im Freien schon im Schatten. Die Verpuffung erfolgt bei Einwirkung jedes dem Sonnenlichte an Lebhaftigkeit nahe kommenden Lichtes. Chlorgas und Kohlenoxydgas vereinigen sich auf ähnliche Weise unter Einwirkung des Lichtes zu Phosgengas. Sättigt man Wasser mit Chlor und setzt es sodann dem Lichte aus, so verbindet sich das Chlor allmählig mit dem Wasserstoffe des Wassers und es wird Sauerstoff frei. Chlor mit Kohlenwasserstoffgas und Wasser in Berührung bewirkt nur im Lichte Zersetzung und erzeugt dabei, indem es den Wasserstoff des Kohlenwasserstoffgases und des Wassers aufnimmt und den Sauerstoff des Wassers auf den Kohlenstoff überträgt, Salzsäure und Kohlensäure. Wenn man eine Auflösung von Stärkemehl in kochendem Wasser mit Jod blau gefärbt hat und sie sodann dem Sonnenlichte aussetzt, so verliert sie ihre Farbe, indem das Licht das Jod veranlaßt, durch Aufnahme von Wasserstoff aus dem Stärkemehl in Hydriodsäure sich zu verwandeln. Die meisten vegetabilischen Farben werden durch das Licht gebleicht und zerstört, wie wir aus den täglichen Erfahrungen an unsern gefärbten Zeugen sehen. Wenn man aus Kirsch- und Fliederblättern eine grüne Tinctur mit Spiritus bereitet, so verliert sie schon innerhalb 20 Minuten im Sonnenlicht ihre Farbe, während sie

im Dunkeln dieselbe lange behält. Auf ähnliche Weise, nur langsamer, werden alle mit Safflor, Blausalz, Brasilienholz, Curcuma oder Wau gefärbte Zeuge im Sonnenlichte entfärbt und zugleich werden sie morsch. Dieselbe Veränderung tritt nach Gay-Lussac und Thénard im Dunkeln in wenigen Stunden ein, wenn man diese Zeuge einer Luft von 160 bis 200° C. Temperatur aussetzt. Pulver von Guajacharz oder mit der Auflösung desselben in Weingeist befeuchtetes Papier wird durch farbloses und durch blaues Licht grün gefärbt, nicht aber durch rothes, welches vielmehr nach Wollaston die grüne Farbe wieder in Gelb verwandelt. Die gewöhnlichste Wirkung des Lichtes ist, daß es verschiedene oxydirte oder verbrannte Körper wieder in ihren ursprünglichen brennbaren Zustand versetzt, wobei der Sauerstoff in Gasgestalt ausgeschieden wird. So färbt das Licht reine und concentrirte Salpetersäure gelb oder roth, während ein Theil ihres Sauerstoffes in Gasgestalt entweicht. Aus manchen Goldauflösungen wird durch das Licht theils das Gold in metallischer Gestalt gefällt, theils die Flüssigkeit roth gefärbt. Silbersalze werden durch das Licht theils zu metallischem Silber reducirt, theils geschwärzt, besonders zeigt das Chlorsilber diese Eigenschaft. Auch der Phosphor erleidet durch das Licht eine Veränderung, s. d. Art. Phosphor. Bei allen diesen Wirkungen des Lichtes ist besonders merkwürdig, daß verschieden gefärbtes Licht sich verschieden wirksam zeigt, besonders tritt dieses am Hornsilber auf. Im Spectrum wird es, wie schon Scheele fand, durch den violetten Strahl am stärksten geschwärzt. Selbst außerhalb des violetten Strahls tritt nach Ritters von Wollaston bestätigter Beobachtung noch Schwärzung ein und nach Bérard zeigt der äußerste Rand des Violetts die Schwärzung am stärksten. Vom Violett gegen Roth zu nimmt die schwärzende Wirkung immer mehr ab. Das mit Hornsilber überzogene Papier wird nach Seebeck im violetten Strahl und über denselben hinaus röthlich braun, im blauen blau oder blaugrau, im gelben sehr schwach gelb, im rothen röthlich und unter dem rothen schwach röthlich, und zwar fällt bei Flintglasprismen, bei welchen sich die größte erwärmende Kraft außerhalb des rothen Strahles zeigt, auch die Röthung ganz außerhalb desselben. Concentrirt man das Spectrum von Grün bis Roth durch eine Linse, so erhält man einen blendenden Focus, der nach Bérard das Hornsilber selbst in zwei Stunden nicht schwärzt. In dem Roth, welches man durch das Zusammenfallen von Violett und Roth zweier verschiedenen Prismen erhält, färbt sich das Hornsilber nach Seebeck schön karmoisinroth, und am Tageslicht grau gewordenes Hornsilber wird im rothem Strahle nach längerer Zeit blasser und röthlicher. Auf dieselbe Weise verhält sich das durch verschieden gefärbte Gläser fallende Licht. Unter violetten, blauen und blaugrünen Gläsern wird das Hornsilber nach Seebeck geschwärzt und zwar zeigt die Schwärzung unter violetten Gläsern eine mehr röthliche, unter blauen eine mehr bläuliche Beimischung; unter gelbgrünen und gelben Gläsern bleibt es fast unverändert; unter gelbrothen wird es nach längerer Zeit schwach röthlich, und das durch farbloses Licht geschwärzte Hornsilber

färbt sich unter gelbrothem Glase bald heller und schmutziggelb oder röthlich. Vergl. d. Art. Farbe*).

Fragen wir nun nach den Quellen des Lichtes, so werden wir durch die tägliche Erfahrung als auf den mächtigsten Lichtquell auf die Sonne gewiesen. Woher es komme, daß die Sonne leuchte, Jahrhunderte leuchte, ohne daß die geringste Lichtabnahme an ihr zu bemerken, darüber lassen sich zwar viele Hypothesen aufstellen, mit Gewißheit aber läßt sich nichts sagen. Einen Verbrennungsproceß kann man nicht wohl als thätig annehmen, weil dieser Zerstörung der Sonne zu Folge haben müßte, auch nicht ein Glühen des festen Sonnenkörpers, weil das Licht sich beim Glühen fester Körper immer als zum Theil polarisirt zeigt, welches beim Sonnenlichte nicht der Fall ist. In dieser Beziehung scheint das Sonnenlicht vielmehr Licht glühender Gasarten zu sein, denn diese lassen auch keine Polarisation bemerken. Unerklärt sind auch die Lichtwechsel einzelner Stellen der Sonne, die sogenannten Sonnenflecke. S. d. Art. Sonne. Das Licht des Mondes beträgt nach Bouguers Beobachtungen nur etwa $\frac{1}{250000}$ bis $\frac{1}{300000}$ des Sonnenlichtes, nach Leslie $\frac{1}{150000}$ des Sonnenlichtes. Nach der letzteren Schätzung würden 150000 am Himmel stehende Monde erst eine der Tageshelle gleiche Erleuchtung hervorbringen. Die Fixsterne unterscheiden sich vor den Planeten durch ihr funkelndes Licht, während das Licht dieser ruhig ist. Die verschiedenen Sterne unterscheiden sich durch die Farbe ihres Lichtes. Forster macht noch auf gewisse Unterschiede des Lichts der Sterne aufmerksam. „Werden die Sterne in gleicher Höhe vom Horizont durch ein mit einem Prisma verbundenes und sich schnell um seine Axe drehendes Teleskop betrachtet, dessen Augenglas so weit eingeschoben ist, daß die Strahlen vor ihrer Vereinigung im Focus ins Auge fallen, so erblickt man bei einigen Fixsternen den so entstehenden Lichtkreis einfarbig, als roth, blau oder gelb, bei andern erscheint er aber in Regenbogenfarben getheilt, wo bald die eine bald die andere Farbe in Breite und Glanz vorherrschend ist, und außerdem sieht man in diesem letzten Falle bei manchen Fixsternen auch dunkle und lichte Querstreifen."

Sehr häufig tritt Licht bei chemischen Processen auf. Die Verbrennung ist selbst ein chemischer Proceß, nämlich lebhafte Verbindung eines Körpers mit Sauerstoff. Bei der gewöhnlichen Verbrennung verbindet sich das in der atmosphärischen Luft enthaltene Sauerstoffgas mit dem brennbaren Körper, und die Verbrennung ist desto lebhafter, das Licht desto heller, je schneller diese Verbindung vor sich geht. Am lebendigsten sind alle Verbrennungen und die sie begleitenden Lichterscheinungen in einer künstlichen Atmosphäre von Sauerstoffgas. Körper, welche in atmosphärischer Luft nur glühen, verbrennen hier mit

*) Ueber die eigenthümlichen Wirkungen des Mondlichtes s. noch besonders den Art. Mond.

heller Flamme. Man fülle z. B. eine Flasche mittelst des Gasentbindungsapparates mit Sauerstoffgas (s. d. Art.) und in den Kork der Flasche stecke man eine Stahlfeder, an deren unteres Ende ein glimmendes Zündschwämmchen befestigt ist. So wie durch Aufsetzen des Korkes auf die Flasche der Stahl in die Flasche voll Sauerstoffgases gebracht wird, erfolgt die lebhafteste Verbrennung der Stahlfeder. Phosphor und Eisen verbrennen im reinen Sauerstoffgase mit solcher Intensität, daß das Auge den Anblick dieses Lichtes nicht ohne Nachtheil zu ertragen vermag.

Eine Menge von Körpern bleiben in einer großen Hitze unzerstört, zeigen aber in dieser Hitze ein mehr rothes oder mehr weißes Licht, sie glühen. Das Glühen tritt erst in sehr bedeutenden Hitzegraden ein und nicht plötzlich, sondern allmählig. Anfangs leuchtet der erhitzte Körper nur, wenn man ihn im Dunkeln betrachtet, endlich erscheint auch am Tageslichte ein dunkeles Rothglühen, welches bei zunehmender Hitze immer lebhafter wird und allmählig in Weißglühen übergeht. Man bedient sich häufig der Ausdrücke Glühhitze, Rothglühhitze, Weißglühhitze um gewisse Hitzegrade damit zu bezeichnen und geht dabei von der Ansicht aus, daß die Hitze, welche die Körper zum Glühen erfordern, bei allen dieselbe sei. Wie unbestimmt jene Temperaturbezeichnungen aber sind, geht schon aus dem Umstande hervor, daß z. B. Eisen bei 335° C. im Dunkeln zu leuchten also zu glühen beginnt, und bei ungefähr 540° C. am Tageslichte leuchtet, um die hier zwischenliegenden 205° demnach die Rothglühhitze variiren kann. Der Temperaturgrad, bei welchem die Metalle flüssig werden, liegt bei einigen über der Glühhitze, bei anderen unter derselben. Diese letzteren glühen dann im flüssigen Zustande. Die Metalle scheinen zum Glühen nicht nothwendig der atmosphärischen Luft zu bedürfen. So glühen nach Placidus Heinrich Kupfer und Eisen in Röhren, welche nur kohlensaures Gas enthalten; Eisendraht in geschmolzenes Glas eingetaucht blieb noch glühend als das Glas schon erhärtet war, Eisenschlacke glühte noch unter Wasser. — Ein besonders starkes Licht gibt Kalk, der in einer mit Sauerstoffgas angefachten Alkoholflamme erhitzt wird. Dieß Licht ist nach Drummond 37 bis 83 mal so stark als das einer Argand'schen Lampe. Drummond gibt um dieß lebhafte Licht zu erhalten folgenden Apparat an.

Der Weingeist der sich in den Röhren t, t, t (Fig. 149.) hinaufzieht, erhält bei a seinen Zufluß, das Sauerstoffgas dagegen wird bei d in das Gefäß h geführt und findet durch die Röhren t′, t′, t′ seinen Ausfluß, um sich oben am Ende der Röhren in die Flamme zu ergießen. Diese Röhren sind durch biegsame Cautchoucröhren cf mit dem Gasbehälter h verbunden und lassen sich, weil diese biegsamen Röhren nachgeben, bei C so verschieben, daß sie die passendste Stellung erhalten. Die Kalkkugel bei d wird nun der Flamme ausgesetzt und die Stellschrauben am Fußgestelle r, r, r dienen, um sie genau in den Brennpunkt eines Reflectors zu bringen, damit ihr Licht, von diesem zurückgeworfen, in weiten Entfernungen sichtbar sei. — Auch von Baryt, Zirconerde und Magnesia strahlt ein intensives Licht aus, wenn

Sauerstoff durch eine Weingeistflamme dagegen geblasen wird. Nach Rumford gibt Baryt ein 37 mal, Zirkonerd ein 31 mal und Magnesia ein 16 mal stärkeres Licht als eine Argand'sche Lampe. Die Erden werden bei dieser Anwendung nicht verändert, bei lange fortgesetzter Erhitzung nur oberflächlich geschmolzen. Das Licht des Kalkes wurde bei Versuchen noch in einer Entfernung von 66½ engl. Meilen gesehen und man hat es deßwegen zu Singnalen bei trigonometrischen Versuchen vorgeschlagen.

Ob Glühen oder Verbrennen mit Flamme eintritt sobald eine lebhafte Vereinigung mit Sauerstoffgas vor sich geht, hängt ganz davon ab, ob die Bestandtheile des betreffenden Körpers von der Art sind, daß sie sich in Gasform entwickeln und die Verbindung mit Sauerstoffgas eingehen. Ist dieß letztere der Fall so tritt allemal Verbrennung mit Flamme auf, denn diese ist eben nichts anders als das verbrennende Gas. Entwickelt sich kein brennbares Gas, so geht die Verbrennung ohne Flamme vor sich, es tritt ein Verglühen wie z. B. bei der Kohle ein; Sauerstoff und Kohlenstoff einen sich hier zu Kohlensäure. An Blei, Eisen und anderen Metallen wird durch das Glühen in Sauerstoffgas und atmosphärischer Luft, Oxyd (Metall und Sauerstoff) gebildet.

Nicht allein bei Verbindungen mit Sauerstoffgas kommen Lichterscheinungen vor, sondern auch Chlor, Schwefel, Jod, Phosphor, Arsenik verbinden sich mit den Metallen in der Wärme unter Lichtentwickelung, und zwar eben sowohl in Gasarten, welche keinen Sauerstoff enthalten, als in atmosphärischer Luft, ja sogar im luftverdünnten Raume. Nach dem Sauerstoff folgt hinsichtlich der Lebhaftigkeit der Lichterscheinungen der Chlor, dann das Jod, dann der Schwefel und endlich der Phosphor. Einige zusammengesetzte Körper sind bei der Wirkung auf einander von Lichterscheinungen begleitet; so z. B. wenn calcinirte Magnesia oder frischgebrannter Kalk oder Baryt (nicht aber wenn Strontian) mit nordhäuser Vitriolöl übergossen wird. Auch Aetzkali und Aetznatron sollen beim Uebergießen mit concentrirten Säuren im Dunklen leuchten. Am sichersten treten die Lichterscheinungen auf, wenn man die Säuren (am besten Schwefelsäure) tropfenweise auf das Alkali fallen läßt. Feuererscheinungen treten ferner auf beim Hinwegstreichen der krystallinischen wasserfreien Schwefelsäure über erwärmten Baryt; bei Erhitzung von Baryt in salzsaurem Gase; bei Berührung von schwefeligsaurem Gase mit braunem Bleioxyd; bei heftigem Zusammenreiben von 3 Theilen braunen Bleioxyds mit 1 Theil trockenen Schwefels oder Eingießen von concentrirter Schwefelsäure in diese Mischung; bei Verbindung des Schwefelkohlenstoffs mit Kalk, des Baryumhyperoxyd's mit Wasserstoff; bei der Einwirkung von concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure auf ätherische Oele, beim Vermischen großer Quantitäten Vitriolöls und Wassers, öfters auch beim Löschen von Kalk*) oder Baryt im Wasser.

---

*) Nach Göbel lege man etwa 2 Drachmen oder ¼ Unze gehörig gebrannten carrarischen Marmors in Form eines gröblichen Pulvers in eine Schale und

Die sogenannten Pyrophore (v. d. griech. $\pi\tilde{\upsilon}\varrho$ Feuer und $\varphi\acute{\varepsilon}\varrho\omega$ tragen) sind chemische Präparate, welche frisch bereitet an die Luft von gewöhnlicher Temperatur gebracht, sich von selbst entzünden. Am bekanntesten ist Homberg's Alaunpyrophor, welchen man durch gelindes Glühen eines Gemenges von Kalialaun und einer kohlenstoffhaltigen Materie, wie Kohlenpulver, Mehl, Zucker u. s. w. erhält. Andere pyrophorische Massen erhält man durch Glühen von Kohle mit schwefelsaurem Kali oder Natron oder mit kohlensaurem Kali, von Brechweinstein und anderen Salzen, welche eine organische Säure neben Kali oder Natron enthalten, für sich. (Gmelin.)

Wenn man Zirkonerdehydrat, Eisenoxyd, Chromoxydul, Rhodiumoxyd, Molybdänoxydul und einige antimonigsaure und antimonsaure schwere Metalloxyde bis zum Verluste alles Wasses erhitzt hat und dann in der Temperaturerhöhung noch fortfährt, so entsteht Feuererscheinung und jene Substanzen zeigen ein lebhaftes Verglimmen. Das Gewicht derselben wird dabei nicht verändert, welches der Fall sein müßte, wenn Aufnahme von Sauerstoff stattgefunden hätte, und nach Berzelius zeigt daher die erwähnte Feuerscheinung nur ein innigeres Zusammentreten der Bestandtheile jener zusammengesetzten Stoffe an, indem sie nach dem Verglimmen bei weitem geringere Auflöslichkeit in verschiedenen Flüssigkeiten als vorher zeigen.

Eine zuerst von Davy näher erörterte Erfahrung ist, daß die meisten brennbaren Stoffe nur dann mit großem Glanze verbrennen, wenn die Flamme mit einem festen Körper in Verbindung steht. Wenn man Schwefel, Wasserstoffgas, Kohlenstoffoxydgas u. dgl. in der atmosphärischen Luft verbrennt, so zeigt sich nur ein schwaches Licht, so wie aber Zinkoxyd, Amianth oder ein metallisches Gewebe in die Mitte der Flamme gebracht wird, so nimmt diese alsbald einen bedeutenden Glanz an. Nach Davy wird das Licht unserer gewöhnlichen Flamme hauptsächlich dadurch sichtbar, daß Kohlenstoff haltende Gase zersetzt werden und Kohlenstoff in fester Gestalt absetzen, der zuerst durch Glühen und später durch Verbrennen die Intensität des Lichtes vermehrt. Porret hat darauf aufmerksam gemacht, daß der leuchtende Theil der Flamme unserer gewöhnlichen Kerzen von allen Seiten mit einer fast unsichtbaren Flamme umgeben ist. In dieser äußeren Flamme geht die eigentliche Verbrennung der Gasarten durch den Sauerstoff der Atmosphäre vor sich und findet die größte Hitze statt. Der stärkste Kohlenabsatz ist in dem sichtbaren Theile der Flamme. Porret umgab eine Flamme mit einem metallischen Gewebe, von der Gestalt der Flamme (welches 900 Oeffnungen auf einen Quadratzoll enthielt). Innerhalb dieses Gewebes war eine verticale Scheidewand von demselben Gewebe angebracht, so daß die Flamme hierdurch vertical durchschnitten ward. Auf dieser Scheidewand nun ließ die Flamme die Spuren der ihren verschiedenen

---

lasse mittelst der Spritzflasche einen feinen Wasserstrahl darauf spritzen, so daß viele Körner zugleich getroffen werden, dann geräht die Masse in ein 15 bis 25 Sec. anhaltendes Glühen.

Stellen entsprechenden Wirkungsweise zurück. Der Umkreis derselben, welcher in der fast unsichtbaren äußern Flamme enthalten war, glühte und oxydirte sich stark, der darauf folgende Theil, welcher der Oberfläche der stark leuchtenden Flamme entsprach, ward durch eine schwarze Linie bezeichnet, herrührend von einem dicken Kohlenabsatz. Innerhalb der Grenzen dieser Linie war das Gewebe blos geschwärzt.

Nach Versuchen von Rumford geben mehre nahe bei einander brennende Flammen, von denen die eine die andere vor der Erkaltung in der umgebenden Luft schützt, ein stärkeres Licht als eine an Größe der Summe jener Flammen gleiche Flamme und auch ein stärkeres Licht als eben so viele von einander getrennte Flammen. Eine Lampe, welche aus vier einzelnen neben einander in nächster Entfernung 0,2 Zoll stehenden platten 1,6 engl. Zoll breiten Dochten bestand, zwischen denen die Luft aufsteigen konnte, gab mehr Licht als sechs Argandsche Lampen, und die Flamme der Argandschen Lampe erschien gegen sie so lichtarm und gelb, wie gegen die einer Argandschen Lampe die Flamme einer gewöhnlichen Lampe.

Wenn man es versäumt eine Kerze zu putzen, d. h. den verbrannten Theil des Dochtes wegzunehmen, so wird das Licht, welches von ihr ausgeht immer schwächer, obschon gleichzeitig der Verbrauch an Brennmaterial größer wird. Nach Rumford beträgt die Verminderung der Lichtstärke bei einem Wachslichte die Hälfte der ursprünglichen, nimmt man aber bei einem gewöhnlichen Talglichte die Lichtstärke nach dem Putzen = 100 an, so ist sie 7 Minuten darauf nur noch 39, 8 Minuten später 23 und 10 Minuten darauf nur noch 16. Die Ursachen dieser Erscheinung sind die Undurchsichtigkeit des langen Dochtes, welcher nach jeder Seite zu einem großen Theil des Lichtes den Weg versperrt und die Wärmeleitung des langen Dochtes nach unten, welche Verflüchtigung des Talges und damit zugleich Temperaturerniedrigung und mindere Lebhaftigkeit des Verbrennungsprocesses zur Folge hat.

Ueber die Lichterscheinungen welche beim Krystallisiren vorkommen, ist im Art. Elektricität (S. 115.) die Rede gewesen, da diese Lichterscheinungen höchst wahrscheinlich elektrischen Ursprunges sind. Man hat es bis jetzt nicht in seiner Gewalt, diese Lichterscheinungen willkürlich hervorzurufen. Aus einigen Versuchen scheint hervorzugehen, daß, wo sie auftreten, ein Zerspringen der frisch gebildeten Krystalle statt finde.

Der Apotheker Schiller calcinirte eine Salzmasse, welche aus Weinsteinrahm, vitriolisirtem Weinstein und etwas Kochsalz bestand, und ließ sie darauf heftig zusammenschmelzen. Er sah von dieser ausgegossenen Salzmasse, so wie sie sich nach und nach abkühlte, Blättchen und auch größere Stücken abspringen und jedes Abspringen war mit einem Leuchten begleitet. Er löste jetzt dieses noch warme Salz in Wasser auf, filtrirte es und setzte es zum Krystallisiren hin; jetzt sah er nun, indem sich die Krystalle bildeten, sowohl auf der Oberfläche als unter der Flüssigkeit leuchtende Blitze hinfahren, und diese Erscheinung dauerte mehre Stunden lang. Er bemerkte auch das nämliche Leuchten,

da er zwei Tage hernach die Krystalle mit einem Spatel abzustoßen bemüht war.

Aus einem von Giobert beobachteten Falle scheint jedoch noch etwas anderes als Elektricität ins Spiel zu kommen. Derselbe dampfte nämlich einen beträchtlichen Vorrath in Wasser aufgelösten schwefels. Kali's ab, bis sich ein Häutchen bildete und stellte denselben in mehre Gefäße vertheilt an verschiedene Orte. Hier zeigte sich nun, daß die im Sonnenschein gebildeten Krystalle außerordentlich schön leuchteten. Geringer war die Lichterscheinung bei denen im Schatten gebildeten Krystallen, noch geringer in einem Topfe mit enger Oeffnung und in ganz verschlossenen Gefäßen erschien gar kein Licht.

Die neuesten Beobachtungen über Leuchten beim Krystallisiren, welches man jederzeit willkürlich hervorzubringen im Stande ist, sind von Rose. Man nehme zwei bis drei Quentchen der arsenichten Säure von glasartiger Beschaffenheit,*) übergieße sie in einem Kolben von weißem Glase mit 3 Loth nicht rauchender Chlorwasserstoffsäure von gewöhnlicher Stärke und einem Loth Wasser, bringe das Ganze ins Kochen, lasse es zehn Minuten oder eine Viertelstunde kochen, und erkalte es dann möglichst langsam, am besten durch sehr allmählige Verkleinerung der Spiritusflamme, deren man sich zum Kochen bedient hat. Wenn an einem dunklen Orte die Krystalle anfangen anzuschießen, so ist dieß mit einem starken Leuchten verbunden; die Erzeugung von jedem kleinen Krystall ist mit einem Funken begleitet. Schüttelt man alsdann das Gefäß, so schießen plötzlich sehr viele Krystalle an und es entstehen zu gleicher Zeit eben so viele Funken. Hat man bedeutende Mengen von arsenichter Säure z. B. zwei bis drei Loth oder mehr mit der entsprechenden Menge von verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelt, so ist, wenn man gerade den richtigen Zeitpunkt getroffen hat, beim Schütteln das Leuchten der anschießenden Krystalle so stark, daß ein dunkles Zimmer dadurch erleuchtet werden kann. Es dauert sehr lange, ehe die saure Auflösung der arsenichten Säure aufhört Krystalle abzusetzen. Daher leuchtet die erkaltete Auflösung noch am zweiten und selbst bisweilen am dritten Abend, aber nur außerordentlich schwach und nur wenn sie geschüttelt wird.

Ueber das elektrische Licht s. d. Art. Elektricität, Galvanismus und Funke, elektrischer.

Von besonderer Art ist das von mechanischen Einwirkungen erzeugte Licht, welches sowohl bei heftigem und plötzlichem Aneinanderbringen verschiedener Körper derselben oder verschiedener Art, als auch bei schneller Trennung der Körpertheilchen eines und desselben Körpers, also beim Schlagen, Stoßen, Reiben, Streichen, Zerbrechen, Zerstoßen,

---

*) Rose bemerkt, er habe das starke Leuchten bei der Krystallbildung arsenichter Säure nur wahnehmen können, wenn er die glasartige Säure in angegebener Weise behandelte. Porzellanartige Säure und pulverförmige arsenichte Säure (Giftmehl) gaben bei gleicher Behandlung nur schwache oder keine Lichterscheinungen.

Zersprengen u. s. w. auftritt. — Durch Reiben gleichartiger Stücke desselben Fossils wird (mit Ausnahme der weichen Kalkerden) nach Heinrich stets Lichterscheinung im Dunkeln hervorgerufen. Besonders das Kieselgeschlecht zeichnet sich durch Lichtentwickelung bei der Reibung gleichnamiger Fossilien an einander aus; wahrscheinlich gibt es nicht ein ächt kieselartiges Fossil, welches nicht die angegebene Eigenschaft besitzt und zwar in vielen Fällen schon bei schwachem Drucke. Auch das Thongeschlecht hat die angegebene Eigenschaft im hohen Grade, namentlich Feldspath. Fossilien dieses Geschlechtes, welche im natürlichen Zustande nicht leuchten, erhalten diese Eigenschaft durch das Brennen, Erhärten im Glühofen, z. B. die reine Thon- oder Porzellanerde; im Kalkgeschlecht zeichnen sich Pharmacolith und Flußspath aus. Die Leuchtfähigkeit der Marmorarten scheint nicht sowohl von ihrer Härte, sondern von ihrem mehr oder weniger krystallinischen Gefüge abzuhängen. Kein Fossil des Talkgeschlechtes wird leuchtend und eben so wird kein reguliniſches Metall, mit demselben Metall gerieben, leuchten, außer wenn die durch Reiben erzeugte Wärme bis zur Glühhitze steigt. Bei den meisten Fossilien erfolgt das Leuchten schon, wenn die durch die Reibung erzeugte Wärme noch kaum fühlbar ist. Daß dieses Leuchten übrigens nicht unmittelbar die Folge eines elektrischen Zustandes ist, sieht man daraus, daß gerade diejenigen Körper, welche durch Reiben am stärksten elektrisch werden, (Stangenschwefel, Harze, Bernstein, Steinkohlen) durch Reiben mit ihres Gleichen nicht leuchtend werden. Wenn zwei Glasröhren an einander gerieben werden, so ist die Lichterscheinung sehr bedeutend, aber am Elektrometer ist nur eine geringe Elektricität bemerkbar. Setzt man bei länger fortgesetztem Reiben zugleich eine dieser Röhren mit einer kleinen Leidner Flasche in Verbindung, so erhält man zwar zuletzt einen schwachen Funken durch Entladung; jedoch steht dieser mit der durch Reiben erzeugten Lichtmenge in gar keinem Verhältniß. Sehr gut leuchtet Melis- und Kandiszucker, polnisches Steinsalz nur schwach; die gewöhnlichen Salzsteine aus Salzburg, gemeiner und cyprischer Vitriol, Salpeter, Salmiak, Alaun u. dgl. leuchteten nur dann, wenn sie vorläufig auf dem Ofen getrocknet und etwas erwärmt gerieben wurden. Sind die Substanzen ganz gleichartig, so ist das Licht desto stärker, je spröder sie sind, je rauher ihre Oberflächen sind, je stärker der Druck ist und je geschwinder das Hin- und Herfahren bei der Reibung geschieht. Hiervon kann man sich am besten durch Versuche am Quarz und Bergkrystall überzeugen. Bei den Fossilien, welche am stärksten leuchten, tritt dieses Leuchten, wie es scheint, bei jeder Temperatur auf, bei den weniger leuchtenden Körpern dagegen, wie bei Flußspath und Marmor, bemerkt man eine Abhängigkeit der durch Reiben erzeugten Lichtstärke von der anfänglichen Temperatur dieser Fossilien. Das umgebende Mittel, in welchem die Versuche vorgenommen werden, scheint ohne Einfluß auf das Resultat derselben zu sein. Hawksbee machte viele dieser Versuche in möglichst verdünnter Luft, Wedgewood und Davy auch in unathembaren Gasarten, Heinrich unter Wasser und Oel. Ueberall erfolgte Licht. Das durch mäßiges Reiben gleichartiger Substanzen erregte Licht be-

schränkt sich auf die Zeit der Friction und auf die Berührungsflächen, oder es ist momentan und local. Reine Kiesel- und Quarzstücke werden durch lebhaftes Reiben ganz durchsichtig und verbreiten so viel Licht, daß man die Gegenstände in der Nähe deutlich unterscheiden kann. Schlägt man sie gegen einander damit kleine Bruchstücke abspringen, so bildet sich ein Lichtstreifen von mehren Zollen, gleich einem elektrischen Lichtbüschel. Ueber die Farbe des bei diesen Versuchen erscheinenden Lichts ist es unmöglich, etwas Bestimmtes anzugeben, indem sie nicht nur von der Natur und Farbe der geriebenen Substanz, sondern auch von der Stärke des Druckes beim Reiben, der Einrichtung des Auges und vielen andern Nebenumständen abhängt. Nur Folgendes wird man größtentheils bestätigt finden: eine schwache Reibung gibt nur einen matt weißen Schimmer, dieser wächst mit dem Druck und kann beim Bergkrystalle bis zum blendenden, ins Goldgelbe spielenden Glanze übergehen. Bei weißem Glase wird er feuerroth. Das Frictionslicht wird durch das Prisma zerlegt. Diese Farbenzerlegung nimmt sich beim Bergkrystall, Rosenquarz und andern hellleuchtenden Fossilien sehr gut aus; bei schwach leuchtenden Steinen hingegen ist sie kaum bemerkbar.

Werden Metalle und Körper welche nicht zerbrechen, einem plötzlichen Drucke ausgesetzt, so wird kein Licht, wohl aber ein geringer Grad von Wärme erregt. Dagegen leuchten pulverförmige Körper, wenn man sie z. B. auf einem Ambos mit dem Hammer schlägt oder in einer Röhre fest eingedrückt durch einen plötzlichen Stoß trifft. Heinrich machte hierbei die Bemerkung, daß auf diese Weise durch den Stoß diejenigen Körper am meisten leuchteten, welche durch Erwärmung am besten phosphorescirend wurden (s. d. Folg.), so wie auch das Leuchten am längsten bei denjenigen Körpern anhielt, die auch dann am längsten leuchteten, wenn sie durch Erwärmung leuchtend gemacht worden waren.

Auch über das Auftreten von Lichterscheinungen beim Bruch, wobei keine merkliche Reibung stattfand, hat Heinrich Versuche angestellt; Holz und Stricke, so wie Metalldrähte und Knochen gaben weder beim Zerreißen noch beim Zerbrechen Licht, wogegen solches auftrat beim Zerbrechen und Zerschlagen harter und spröder Fossilien, namentlich krystallinischer.*)

Marmor und Kalkstein leuchteten nicht; Flußspath leuchtete nur dann, wenn er hart und von spathartigem Gefüge war; Schwerspath leuchtete nicht; Feldspath leuchtete, und russisches Frauenglas zeigte beim Zerspalten der Blätter zuweilen Funken von mehr als $\frac{1}{10}$ Zoll Länge, die von einem Blatte zum andern übersprangen. Bergkrystall gibt schönes Licht, vorzüglich beim Zerschlagen mit einem hölzernen Hammer auf

*) Auffallend ist eine neuerdings gemachte Beobachtung, daß einige Massen Schöpsen- und Rindertalg, als sie, um zerlassen zu werden, in tiefer Abenddämmerung aus ihren Holzbehältern herausgebrochen und zerschlagen wurden, dabei wenigstens eben so stark leuchteten wie fester Hutzucker beim Zerschlagen.

der Hand; Glasröhren leuchteten nicht beim Zerbrechen, wohl aber beim Zerschlagen; die Bologneser Fläschchen leuchteten nur zuweilen beim Zerspringen. Schwefel und Siegellack geben beim Zerbrechen kein Licht. Unter den Salzen zeichnete sich das schwefelsaure Kali durch gutes Leuchten aus. Recht harter weißer Zucker und Candiszucker leuchten beim Brechen.

Eine Reihe von Versuchen hat Heinrich endlich über die Lichterscheinungen bei der Reibung fremdartiger Körper an einander aufgestellt.

Ein Sandstein der als Schleifstein zum Drehen eingerichtet war, ward so schnell gedreht, daß jeder Punkt des Umfangs 6 bis 7 Fuß Geschwindigkeit in der Secunde hatte, und nun die andern Körper daran gehalten. Hier wurden selbst sehr leicht zerreibliche Kalksteine, Alabaster, Meerschaum, Knochen, Zähne, Elfenbein mehr oder minder gut leuchtend, obgleich sie beim Reiben an einem gleichartigen Körper kein Licht gezeigt hatten. Als ausgezeichnet schön leuchtend führt Heinrich folgende an: Rosenquarz, Bergkrystall, Onyx, Chalcedon; mit rothem Lichte vorzüglich schön: Carniol, böhmische Granaten, weißes Glas; hellleuchtend wie eine Flamme die Zähne des Nilpferdes; Perlemutter leuchtete unter allen Konchylien am schönsten. Metalle und ganz vorzüglich Eisen, gaben hier, ohne bis zum Glühen erhitzt zu sein, Licht, aber Steinkohlen leuchteten nicht, Holz nicht, Bernstein sehr schwach. In den meisten Fällen zeigte sich dicht an der Oberfläche des Schleifsteins eine leuchtende Wolke und um den Umfang ein leuchtender Bogen, der nicht so hell als jene war; beide entstehen aus den abgeriebenen Theilchen. Daß hier so viele Körper leuchtend wurden, die bei schwächerem Reiben kein Licht geben, schreibt Heinrich der hier immer eintretenden Erwärmung zu, die allerdings nicht ohne Einfluß bleiben kann. Die Farbe des Lichtes war hier meistens feuerroth, statt daß sie beim schwachen Reiben oft nur weißlich ist. Wie groß hier die Erhitzung werden kann, zeigen vorzüglich Versuche an großen Schleifmühlen, wo ein 4 Linien dicker Nagel in $\frac{1}{4}$ Minute weißglühend wurde, Glas zum Glühen und Schmelzen an der Berührungsstelle kam u. s. w.

Andere Versuche Heinrichs und Dessaignes bezogen sich auf Feilen, auf Streichen mit einer Radirnadel, mit einem zugespitzten Federkiel, einer Bürste, beim Ritzen mit Diamant oder Bergkrystall u. s. w. Dessaignes fand, daß manche Diamanten, aber sonst kein Stein durch Streichen mit einer Bürste oder Reiben mit Wolle leuchtend wurden. Derselbe hat noch mehre interessante Bemerkungen über Diamanten gemacht: daß die Diamanten, welche dem Licht ausgesetzt nicht leuchtend werden, auch durch Reiben nicht leuchtend wurden, oder allenfalls nur einen kurzen Lichtblitz gaben; daß zwei Diamanten die durch Bestrahlung (s. d. Folgende) beide nicht leuchtend wurden, nicht bloß durch Aneinanderschlagen leuchteten, sondern nach dieser Zeit auch durch alle andere Erregungen und sogar durch Bestrahlung leuchtend wurden; daß ein anderer gut polirter Diamant mit einer Feile geschlagen erst am 3. Tage schwache Lichterscheinungen und späterhin immer

stärkere Lichterscheinungen gab, und daß dieser von nun an bei Schlägen von Holz und andern harten nichtpolirten Körpern Licht gab, ja auch bei der Bestrahlung leuchtend wurde, welches vorher nicht der Fall gewesen war. Hier schien die durch das Schlagen bewirkte Abnutzung der Kanten die Ursache der Veränderung zu sein. Ueber die mannigfache Verschiedenheit des Lichtes hat Dessaignes Nachrichten gegeben. Wenn das Licht als Folge eines einfachen Stoßes hervorgeht, so ist es ein einzelner Blitz, der aus dem geschlagenen Punkte hervorbricht; beim starken Reiben ist es ein leuchtender Streifen, der sich weiter verbreitet, als die entstandene Furche ist. Immer wird nur die getroffene Oberfläche leuchtend und der Anschein, als ob einige durchsichtige Körper ganz leuchtend würden, ist nur Folge des lebhaften Glanzes. Das Licht scheint nicht wie beim Glühen, an dem leuchtenden Körper zu haften, sondern sich von dem leuchtenden Körper aus zu verbreiten. Die Farbe dieses Leuchtens ist ungleich, blau bei dem Hyalith, gelb bei dem Milchquarz, blutroth oder purpurroth bei dem Dolomit und Grammatit, etwas grünlich bei dem kohlensauren Strontian; alle diese Farben sind durch das Prisma zerlegbar. Bei einigen Körpern geht bei stärkerem Reiben das Licht aus dem Bläulichen in das Gelbliche über; Quarze, Chalcedone und Kieselsteine geben gelbes Licht, enthalten sie aber Eisen, so ist das Licht nach Verhältniß der Oxydation des Eisens roth. Von diesem bloß momentanen Lichte unterscheidet Dessaignes ein bei einigen Körpern sichtbar werdendes Licht von längerer Dauer, das z. B. bei zwei aneinander geschlagenen Stücken Adular einige Minuten lang dauerte und da entstand, wo ein Riß zwischen den Lamellen des Krystalls hervorgebracht wurde.

Was den Einfluß der äußern Wärme auf die durch Reibung veranlaßten Lichterscheinungen betrifft, so hat Dessaignes gefunden, daß Glasröhren, welche bis 256° C. erhitzt und aneinander gerieben wurden, bei weitem schöner leuchteten und daß die Phosphorescenz zunehme, bis die mitgetheilte Hitze nahe daran ist, das Rothglühen hervor zu bringen. Bei einer Erwärmung über diesen Grad war keine durch das Reiben erzeugte Lichterscheinung zu bemerken. Wenn man Stücke eines Kalksteines gleich nachdem sie aufgehört haben rothglühend zu sein, auf die Erde fallen läßt, so leuchten sie wieder und schlägt man einen Kalkstein gleich nach dem Aufhören des Rothglühens mit einem Schlüssel, oder schlägt auch nur die ihn haltende Zange, so wird er alsbald wieder leuchtend. Daß der Grund des in den beschriebenen Fällen bei der Reibung auftretenden Lichtes nicht die Wärme sei, wie dieß überall der Fall ist, wo durch Reibung z. B. zweier Hölzer aneinander oder des Stahls am Stein beim Feuerschlagen wirkliche Verbrennung herbei geführt wird, geht schon daraus hervor, daß eine nur sehr geringe ja fast gar keine Temperaturerhöhung in den meisten Fällen statt findet, so daß bei den unverbrennlichen Substanzen, namentlich bei den Fossilien gewöhnlich schon eine mäßige Reibung mit der Hand und schwachem Drucke hinreicht, ein dunkles sichtbares Leuchten hervorzubringen.

Ueberdieß ist die Reihenfolge der durch Erwärmung leuchtend werdenden Körper nach der Stärke der Lichtentwickelung eine ganz andere, als die der durch Reibung leuchtend werdenden Körper. Das durch Reiben erzeugte Licht der Fossilien ist ferner, wie gesagt wurde, momentan und örtlich, während das durch Erwärmung erzeugte Leuchten anhaltend ist. Nach Pl. Heinrich leuchtet kein Fossil mit natürlich glatten oder künstlich polirten Oberflächen, selbst bei starker Reibung, so lange diese Oberflächen unverletzt bleiben; springt aber etwas davon ab, oder werden sie durch Reiben abgenutzt oder rauh, so bricht das Licht sogleich aus. Am leichtesten läßt sich dieß mittelst Prismen von geschliffenem Bergkrystall oder Glas darthun. — Haben die geriebenen Körper ein Gefüge der Art, daß sich durch Abspringen immer neue Unebenheiten bilden, wie beim Rosenquarz und Flußspath, so dauert das Leuchten mit ungeschwächter Helle bis ans Ende des Reibens fort; wird hingegen die Oberfläche allmählig durch Reiben abgenutzt, so nimmt das Frictionslicht nach und nach wieder ab. — Hiernach erklärt sich auch, warum die Steine des Kieselgeschlechts alle andern an Schönheit des Frictionslichts übertreffen.

Es scheint also dieses Leuchten mit dem Abspringen vorragender Flächentheile (namentlich krystallinischer Körper) zusammen zu hängen und scheint demnach dieselbe Ursache, wie das beim Krystallisiren auftretende Licht zu haben, nämlich eine beim Zerbrechen oder Zersprengen krystallinischer Körperchen frei werdende Elektricität. Besonders bemerkt muß noch werden, daß dieses durch Reibung erzeugte Leuchten von einem ganz eigenthümlichen Geruche begleitet ist, den Heinrich von einem mit Zersetzungen begleiteten Abspringen von Theilchen herleitet. Sollte aber hier, wo nur von einer mechanischen, nicht aber von einer chemischen Einwirkung, namentlich bei der Reibung gleichartiger Körper an einander die Rede ist, die Ursache des Geruches nicht vielmehr in der Elektricität zu suchen sein? Offenbar hat der bekannte elektrische Geruch mit dem bei der Reibung auftretenden Aehnlichkeit.

Die Erfindung des pneumatischen Feuerzeugs (s. d. Art. Feuerzeug S. 432.) schien zu beweisen, daß Gase durch einen plötzlichen Stoß stark verdichtet, Lichterscheinungen geben. Neuere Versuche von Thénard haben jedoch dargethan, daß die Zusammendrückung an sich selbst nicht fähig ist, das Leuchten eines Gases zu bewirken und daß das Leuchten im pneumatischen Feuerzeuge eine Verbrennungserscheinung oder Erscheinung chemischer Zersetzung an dem Oel oder Fett sei, womit das Leder des Stempels getränkt ist. Saissy hatte schon früher die Bemerkung gemacht, daß im pneumatischen Feuerzeuge zwar Luft, Sauerstoffgas, Chlorgas durch Druck leuchtend wurden, dagegen alle übrigen Gase, als Stickstoff, Wasserstoff, Kohlensäure selbst in der dicksten Finsterniß bei einem heftigen Stoße keine Lichterscheinung zeigten. Thénard fand diese Bemerkung und durch Versuche den oben angegebenen Satz, daß das Leuchten nur die Erscheinung einer chemischen Zersetzung des Oels oder Fettes am Stempel sei, bestätigt. Als nämlich Thénard statt der gewöhnlichen Stempel aus mit Oel oder

Fett getränktem Leder andere anwendete, bei denen keine Zersetzung statt finden konnte, blieb die Lichterscheinung bei der Compression aus. Er ließ zu diesem Zwecke Stempel von Filz verfertigen, welche leicht vom Wasser benetzt werden, oder setzte auch auf den Lederstempel einen kleinen Metallcylinder, so daß alle unmittelbare Berührung zwischen dem Leder und dem Gase aufgehoben wurde. Anderemale nahm er einen Stempel, der unten aus Leder, in der Mitte aus Filz und oben, aber nur in geringer Ausdehnung, aus Messing bestand. Er wandte dabei lange sorgfältig kalibrirte und oben durch einen wohl eingetriebenen Glasstöpsel verschlossene Röhren an, und bewerkstelligte die Compression wie bei den gewöhnlichen Feuerzeugen, an einem möglichst dunkeln Orte mit freier Hand sehr stark und plötzlich. Hatte man unter diesen Umständen den Filz oder Metallcylinder mit Wasser benetzt und die Glasröhre mit Kali gereinigt, so fand niemals eine Lichtentwickelung statt; dagegen zeigte sich fast immer ein schwacher Schein, sobald der Filz nicht gut benetzt oder die Röhre schlecht gereinigt worden war. Es war natürlich, diese Resultate mit den andern Erscheinungen der Zusammendrückung z. B. der Entzündung von Feuerschwamm, Holz, Papier u. s. w. zu vergleichen. Es wurde daher oben auf dem Stempel, welcher sich in einen Cylinder von angefeuchtetem Filz oder von Messing endigte, ein Stück Papier angebracht. Dieß fing im Sauerstoffgas augenblicklich Feuer und verbrannte mit sehr lebhaftem Glanze. Mit Oel getränkt brannte es noch leichter. Alle weißen, recht trockenen Holzsorten und selbst das sehr harte Buchsbaumholz, entzündete sich mit Lebhaftigkeit. Bei einem Versuche wo der Cylinder mit einer Scheibe Buchsbaumholz bedeckt war, entzündete sich diese am Rande, obgleich kein anderer Körper da war, der die Entzündung hätte bedingen können. Einen sehr feinen Eisendraht zu verbrennen, wurde vergebens versucht. Er stellte auch ähnliche Versuche mit Chlor an, und beobachtete, daß Papier, wenn es nur sehr wenig mit Oel getränkt war, glühend wurde und daß sich Salzsäure dabei bildete. Nur gelingt es mit dem Papier nicht, eben so wenig mit dem Holze, wenn die Wirkung zu schwach oder zu langsam ist.

Ein anderes Resultat der Versuche von Thénard war, daß sich in verdichteter Luft brennbare Körper bei niederer Temperatur eher entzünden, als unter gewöhnlichem Drucke (der Atmosphäre). Er fand nämlich daß es unter dem atmosphärischen Drucke unmöglich sei, Tannenholz bei 350° C. in Sauerstoffgas zu entzünden; es wurde nur dunkelbraun gefärbt, allein unter einem Drucke von ungefähr $3\frac{1}{2}$ Atmosphären, fing das Holz bei höchstens 252° C. Feuer.

Der Versuch wurde mit einer kleinen gebogenen Glasglocke angestellt, in deren krummem Theile sich das Holz befand, und die über Quecksilber mit Sauerstoffgas gefüllt ward. Der gebogene Theil war in ein Quecksilberbad getaucht, das auf einem Ofen stand und die Glocke war mit einer sehr langen aufrecht gestellten Glasröhre mittelst einer sehr starken und gut ausgewählten Cautchoucröhre verbunden, die an die Glocke und Röhre festgebunden war. Der Druck wurde durch

Einschütten von Quecksilber in die senkrechte Röhre erhalten,*) die Temperatur durch Erhitzen des Quecksilberbades.

Endlich hat Thénard gefunden, daß ein Gas, welches in einem Glasrohre stark zusammengedrückt wird, auf eine 205° C. weit übersteigende Temperatur gelangt, auch wenn es kohlensaures Gas, Wasserstoffgas oder Stickgas ist. Ein Gemenge von Knallquecksilber, mit Sand, welches sich über Quecksilber (unter dem Drucke von etwa $3\frac{1}{2}$ Atmosphären) erhitzt bei 205° C., und bei gewöhnlichem Druck erst in viel höherer Temperatur, in kohlensaurem Gas, Wasserstoffgas oder Stickgas entzündete, detonirte auch, wenn es auf dem Stempel des Feuerzeuges, das mit dem irrespirablen Gase gefüllt war, angebracht wurde, bei Compression des Gases. Diese Temperaturerhöhung des comprimirten Gases ist es, welche als Hauptursache der Entzündung brennbarer Körper, welche sich unter dem Kolben des pneumatischen Feuerzeuges befinden, betrachtet werden muß.

Auch bei der plötzlichen Ausdehnung der Luft sind Lichterscheinungen beobachtet worden. Füllt man Glaskugeln mit Sauerstoffgas und zerbricht dieselben im luftleeren Raume, so gewahrt man nach Biot, indem sich das Sauerstoffgas ausbreitet, eine helle Lichterscheinung im Dunkeln. Es ist ferner ein bekannter Versuch, den man an der Luftpumpe anzustellen pflegt, daß man die Luft in einem metallenen, oben mit einer übergebundenen Blase verschlossenen Cylinder verdünnt, bis die Spannung der äußern Luft so sehr die der innern überwiegt, daß die Blase eingedrückt wird. Auch hierbei erscheint nach Dessaignes ein Licht, und zwar ein um so lebhafteres je vollständiger das Auspumpen war. Eine entsprechende Erscheinung ist das Licht, welches beim Zersprengen von Knallbomben entsteht, und welches sich von allen Seiten gegen die beim Fallen auf den Boden zerschlagene gläserne Knallbombe hinzustürzen scheint. — Wenn man im dunkeln eine Windbüchse abschießt, so sieht man aus der Mündung des Rohres häufig einen Lichtbüschel hervorkommen, der alsbald verschwindet, aber zuweilen eine Länge von mehr als $\frac{1}{2}$ Fuß hat. Nach Heinrich tritt diese Lichterscheinung nur bei starken Ladungen der Windbüchse auf entsteht aber sowohl wenn der Lauf der Büchse ganz von Stahl war als wenn er mit Blei gefüttert war, sowohl wenn eine Kugel geladen war als ohne dieselbe. Ließ man die Luft, ohne einen Lauf anzubringen, aus dem Behälter, in welchem sie zusammengepreßt war, entweichen, so erschien kein Licht und auch schon eine zu große Weite des Laufes verhinderte die Erscheinung. Besser als in einem metallnen Lauf trat die Lichterscheinung bei einem gläsernen auf. Auch durch vorherige Erwärmung der Windbüchse wurde die Lichterscheinung lebhafter. Hart konnte bei mehren Versuchen keine Lichterscheinung gewahren, obschon er Versuche mit feuchter, trockner und warmer Luft anstellte. Erst nachdem er einen Pfropf anwendete, erhielt er die gewünschte Erschei-

*) Je 28 Zoll der Quecksilbersäule drücken mit Einer Atmosphäre Kraft; vergl. d. Art. Atmosphäre und Barometer.

nung. Der Versuch gelang nun allemal bei Anwendung von Seide, Tuch und Gummilack. Ein vorzüglich schönes grünliches Licht erschien zuweilen, wenn er Glas in den Lauf brachte. Aus ferneren Versuchen ging nun aber hervor, daß der Lichtblitz auch ohne Pfropf erhalten werden konnte, wenn zufällig oder absichtlich Sand, Quarz oder andere harte Körper, die beim Reiben Licht geben, in den Lauf gekommen waren; selbst wenn man Sand, Flußspath, Zucker auch nur vor das Rohr hielt, so zeigten sie sich bei dem sie treffenden Schuße leuchtend. Ganz reine Seide brachte keine Lichterscheinung hervor und so machte Hart den Schluß, daß die Reibung harter Körper am Rohre die Ursache dieses Lichtes sei.

Außer den erwähnten Körpern bewirken auch metallene Bürsten oder feine Drähte, wenn sie vor die Mündung des Laufes der Windbüchse gehalten werden, eine lebhafte Lichterscheinung, wie namentlich Schweigger durch Versuche dargethan hat.

Auch bei Zersetzung des Euchlorins durch Wärme, der Zersetzung des oxygenirten Wassers, des Chlorstickstoffes und Jodstickstoffes, bei welchen sämmtlich eine Gasart sich schnell in ein großes Volumen ausdehnt, bemerkt man Lichtentwickelung.

Heinrich und Dessaignes haben ferner über das Licht, welches durch Druck auf tropfbare Flüssigkeiten entsteht, Versuche angestellt. Sie bedienten sich hierbei einer Röhre von dickem Glase, die mit gekochtem Wasser und andern sorgfältig von Luft befreiten flüssigen Körpern zum Theil gefüllt wurde. Indem nun ein dichtschließender Kork die Oberfläche des Wassers ohne Zwischenraum berührte und dieser durch einen plötzlichen heftigen Schlag mit einem schweren Hammer gegen das Wasser gedrückt, also auch dieses selbst comprimirt wurde, so zeigte sich im Dunkeln ein ziemlich starkes, gelbliches Licht, das dem durch Verbrennung von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas im Volta'schen Eudiometer glich. Dieses Licht zeigte sich immer nur in der untern Hälfte des Cylinders oder in dem Theile des Wassers, welcher von dem gestoßenen Pfropfe am entferntesten war. Es zeigte sich nie, wenn auch nur die geringste Quantität Wasser, neben dem schließenden Pfropfen hervordringend, einen Ausweg fand, und in diesen Fällen war auch der durch den Schlag hervorgebrachte Schall merklich anders, indem er nur, wenn gar kein Wasser hervordrang, dem Klange eines geschlagenen harten Körpers glich. Die Farbe des Lichtes war bei verschiedenen Flüssigkeiten ungleich und auch nach Verschiedenheit der Stärke des Stoffes ungleich.

Zu den interessantesten Lichterscheinungen gehört die Phosphorescenz (v. d. griech. φώς Licht, und φέρω tragen) durch Bestrahlung oder Insolation (v. d. lat. solare strahlen). Eine große Reihe von Körpern haben nämlich die Eigenschaft im Dunkeln eine Zeitlang zu leuchten, wenn sie vorher dem Tageslichte oder dem Sonnenlichte ausgesetzt werden. Der Körper an welchem man zuerst diese Eigenschaft beobachtete, war der Diamant. Schon längst wußte man von diesem, daß er mäßig erwärmt oder gerieben im Dunkeln leuchtet, aber

Wahl machte zuerst im Jahr 1808 darauf aufmerksam, daß der Diamant die Fähigkeit zu leuchten auch ohne vorhergehende Erwärmung durch bloße Beleuchtung erlange. Man hat seitdem viele andere sich ähnlich verhaltende Substanzen entdeckt und dieselben mit dem gemeinschaftlichen Namen der Phosphore oder Leuchtsteine belegt. Zu den bekanntesten Leuchtsteinen gehören der Cantonsche, der Balduinsche, der Hombergsche Phosphor und der Bologneser Leuchtstein. Von Osann sind der Antimonphosphor, Realgarphosphor und Arsenikphosphor angegeben worden.

Man bereitet den Bologneser oder Bononischen Leuchtstein, den vor 1630 Vinc. Cascariolo erfunden hat, auf folgende Art. Eisenfreier Schwerspath wird zu gröblichem Pulver gestoßen, mittelst Eiweiß oder Tragantschleim zu dünnen Pasten geformt und calcinirt. Nach Heinrich darf jedoch dieß in keinem zu heftigen und anhaltenden Feuer eines Reverberirofens oder einer Muffel vorgenommen werden; auch muß es bei freiem Feuer zwischen glühenden Kohlen (die hiebei auf den Stein einwirken) geschehen, wo dann eine zweistündige Erhitzung ohne Gebläse ausreicht. Der so behandelte Stein riecht sehr stark nach Schwefelleber und braust mit Säuren stark auf, was vorher nicht der Fall war. Seine phosphorescirende Eigenschaft nimmt durch die Länge der Zeit wieder merklich ab und kann zuletzt ganz verschwinden, wenn das Präparat nicht sorgfältig vor der Luft und dem Tageslicht verwahrt wird. In hermetisch verschlossenen Röhren aber, oder auch nur zwischen Baumwolle in einem hölzernen Schächtelchen, aufbewahrt, behält er seine Wirksamkeit ins Unbestimmte. — Cantons Phosphor wird so bereitet, daß man gereinigte und ½ Stunde lang für sich geglühte Austerschalen in einem Tiegel mit Schwefelpulver schichtet, so daß ihre innere Fläche immer nach unten zu liegen kommt, und der Tiegel wenigstens 1 Stunde lang im Windofen glüht. — Der Antimonphosphor wird folgendermaßen bereitet. — Man bestreut den untern Theil eines Tiegels mit feingepulvertem Schwefelantimon, legt eine calcinirte Austerschale darauf, bestreut (mittelst eines feinen Siebes) den obern Theil derselben ebenfalls (ungefähr 1½ Lin. hoch), legt hierauf ein neues Stück Austerschale und füllt auf diese Weise den Tiegel damit an; lutirt jetzt einen Deckel darauf und setzt ihn 1 Stunde lang der Rothglühhitze aus. Bei Oeffnung des Tiegels findet man die obern Schalen, einige gelbe Stellen abgerechnet, unverändert; diese werden ausgewählt; die untern öfters ganz gelben und schwarzgefleckten werden wegen Untauglichkeit verworfen. — Setzt man diesen Phosphor dem Tageslicht aus und bringt ihn hierauf ins Dunkle, so leuchtet er mit weißgrünem Lichte und übertrifft sowohl an Stärke des Lichts, als an Dauer des Leuchtens auffallend das Licht des Bononischen Phosphors. — Die Bereitung des Realgarphosphors geschieht wie bei dem Antimonphosphor durch Behandlung calcinirter Austerschalen mit feingepulvertem Realgar. Dieser Phosphor leuchtet mit blauem, der Flamme des brennenden Schwefels zu vergleichendem Lichte. So wie bei dem Antimonphosphor leuchten auch hier nur die weißen Stellen. — Der Arsenikphosphor wird erhalten, wenn einfach arsenik-

saurer Baryt, den man durch Füllung des salzsauren Baryts mit Arseniksäure darstellt, mit Traganth zu Pasten gemacht und einem halbstündigen Glühen zwischen Kohlen ausgesetzt wird. Mit weniger Verlust verfährt man, wenn die Masse auf abgebrochene Stückchen thönerner Pfeifen gestrichen und auf eine irdene Unterlage gelegt der Glühhitze ausgesetzt wird. Dieser Phosphor leuchtet mit rothem Licht, ähnlich dem Bononischen Phosphor. — Auch Verbindungen von Kalk mit Operment, mit Zinnober, mit Musivgold und mit Schwefelzink auf ähnliche Weise als der Antimonphosphor dargestellt, sind Phosphore, doch minder gute, als die eben beschriebenen. — Nach Pl. Heinrich erhält man auch einen schönen Phosphor, wenn man ein Gemenge aus 4 Th. Alabaster mit 3 Th. Sauerkleesalz in einem Schmelztiegel zwischen Kohlen zwei Stunden hindurch mäßig glüht. — Die Aufbewahrung der Phosphore geschieht nach Osann in versiegelten oder mit Blase zugebundenen Gläsern. Doch braucht man nach ihm nicht zu sehr zu eilen. Denn Leuchtsteine, die er über drei Wochen in einer offenen Schale dem Lichte und der atmosph. Luft ausgesetzt hatte, hatten wenig oder nichts von ihrer Leuchkraft verloren. Erst wenn der Kalk zerfällt, mindert sich die Leuchtkraft.

Um den Balduinschen Phosphor zu erhalten, wurde nach Heinrich gestoßene Steinkreide mit gutem Scheidewasser bis zur Sättigung gemischt, das Uebrige abgeseigert, die Mischung auf einem warmen Ofen getrocknet, zerstoßen und mit Eiweiß zu Pasten geformt; diese Pasten wurden eine Stunde lang zwischen lebhaft glühenden Kohlen gebrannt, dann abgekühlt und dem Tageslichte ausgesetzt. — Neuere ausführliche und interessante Versuche über die Bereitungsart der Leuchtsteine sind von Wach angestellt worden. Derselbe löste künstlichen Schwefelarsenik in Ammoniak auf, bestrich dünn mit dieser Lösung weißgebrannte Austerschalen, bestreute sie nach dem Eintrocknen mit Schwefel und glühte sie im verschlossenen Tiegel. Hierdurch erhielt er Phosphore von einer solchen Leuchtkraft, daß deren schönes blaues Licht in einem von gemeinem Tageslicht erhellten Zimmer ohne weitere Vorbereitung des Auges ganz deutlich wahrgenommen werden konnte*). Wie hier die Beimischung eines Minimums (sehr kleinen Antheils) eines Schwefelmetalles, so zeigte sich auch die Beimischung eines Minimums von Bittererde zu dem Schwerspath- oder Cölestin-Pulver von besonderer Wirksamkeit zu Erhöhung der Leuchtkraft. Wach mischte drei bis vier pr. C. reiner Bittererde zu dem fein präparirten und mit Salzsäure digerirten Schwerspath- oder Cölestin-Pulver, formte aus dieser Mischung mit dickem Traganthschleim etwa liniendicke Pasten und glühte

*) Wach bemerkt: eine solche Stärke der Leuchtkraft habe er in allen Abhandlungen, welche über künstliche Phosphore geschrieben sind, nicht angeführt gefunden. Nur Placidus Heinrich führe als etwas außerordentliches an, daß Bas. Sewergin einen sibirischen Flußspath besessen habe, welcher durch Erwärmen bei hellem Tage mit bläulichem und smaragdgrünem Lichte phosphorescirte.

diese nach dem Trocknen, theils im bedeckten Tiegel, theils zwischen Kohlen. Auf diese Weise erhielt er Leuchtsteine von außerordentlicher Stärke. Blieb der Bittererdezusatz weg, so leuchteten die Leuchtsteine bei weitem schwächer, obschon sie sonst aus denselben Bestandtheilen und unter denselben Bedingungen bereitet waren. Die im Tiegel geglühten Pasten, welchen etwas Bittererde zugemischt war leuchteten gleichförmig stark, die Schwerspathleuchtsteine feuerroth, die aus Cölestin bereiteten smaragdgrün; dagegen phosphorescirten die im offenen Feuer zwischen Kohlen geglühten an manchen Stellen bedeutend stark, während andere Stellen gleichsam todt gebrannt erschienen.

Anstatt eines Bittererdezusatzes, welcher besonders bei den aus Schwerspath oder Cölestin zubereitenden Phosphoren sehr zu empfehlen ist, kann man sich nach Wach mit einem ebenfalls günstigen Erfolge des Zusatzes einiger schweren Metalloxyde, namentlich des Zinkoxydes, Zinnoxydes, Kadmiumoxyds und Antimonoxyds bei solchen Leuchtsteinen bedienen, die aus weißgebrannten Austerschalen erhalten werden. Folgendes Mengenverhältniß von Austerschalen, Schwefel und Metalloxyd gab nach oft wiederholten Versuchen das günstigste Resultat. 100 Gewichtstheile Schwefelblumen werden innig vermengt mit 10 Gewichtstheilen der angeführten Metalloxyde; 1 Gewichtstheil weißgebrannter Austerschalen wird mit $\frac{1}{3}$ Gewichtstheil der eben angeführten Mischung gleichförmig bestreut und eine halbe Stunde im bedeckten Tiegel mäßig durchgeglüht. — Die Farbe der mit Zinnoxyd bereiteten Leuchtsteine war ein wenig gelblich weiß, die Leuchtkraft stark und lang anhaltend, das Licht weiß. — Die mit etwas Zinkoxyd bereiteten Phosphore hatten eine weiße Farbe, die Leuchtkraft derselben war ausgezeichnet stark und lang anhaltend, das Licht seegrün und stellenweise bläulich weiß. — Die Farbe der Leuchtsteine, welchen etwas Kadmiumoxyd zugesetzt ist, ist gelblich, die Leuchtkraft stark, das Licht hochgelb. — Das beigemischte Antimonoxyd hatte den Phosphoren eine schwache Ocherfarbe ertheilt; das Licht war schön weiß und stark, aber nur von kurzer Dauer.

Um die Erscheinung des Phosphorescirens selbst nachzuweisen, nehme man z. B. den Bononischen Leuchtstein, lasse ihn 8 bis 10 Secunden lang von der Sonne oder von dem hellen Tageslichte bescheinen, und bringe ihn dann in vollkommenes Dunkel, so sieht man ihn hier mit einem röthlichen und feurigen Lichte, beinahe wie eine glühende Kohle, leuchten. Dieser Lichtschimmer nimmt immer mehr ab und endet allemal mit einem schwachen weißlichen Lichte. Der beste bononische Leuchtstein von Placidus Heinrich leuchtete auf diese Weise ungefähr 1 Stunde. In den ersten Secunden des Leuchtens soll der Leuchtstein stark nach Schwefel riechen und ein feiner Dunst aufzusteigen scheinen. So lange das Präparat gut ist, soll es diesen eigenthümlichen Geruch behalten.

Außer den künstlichen Präparaten gibt es viele natürliche Substanzen, welche durch Bestrahlung im Dunklen leuchtend werden. Sie sind hinsichtlich ihrer Lichtstärke, Farbe und hinsichtlich der Dauer ihres Leuchtens sehr verschieden. Im Allgemeinen sind die kalkartigen

Fossilien die besten Phosphore. Die kohlensauren Kalke geben ein glänzendes, helles weißes Licht, welches jedoch höchstens etwa ½ Minute sichtbar ist; noch geringer ist der schwefelsaure Kalk und die phosphorsaure Kalkerde (z. B. Knochen). Der ausgezeichnetste Phosphor ist der Flußspath, welcher nach einer wenige Minuten währenden Bestrahlung viele Minuten im Dunklen leuchtet, obschon mit nicht sehr glänzendem Lichte. Die in der Natur vorkommenden Salze (roher Borax, natürliches Steinsalz aus Polen und gemeines Kochsalz, natürlicher Salmiak, natürliches Glaubersalz, natürlicher Alaun, natürliches Bittersalz u. s. w.) kommen ihm ziemlich gleich.

Die kalkartigen Fossilien stehen hinsichtlich ihrer Leuchtkraft nach Heinrich in folgender Ordnung. 1) Flußspath von allen Farben, vorzüglich grüner; 2) Kalksinter, Tropfsteine, Pfannensteine; 3) versteinerte Schneckenhäuser und Muscheln; 4) Belemniten und Glossopetrae; 5) Karlsbader Sinter, Sprudel= und Erbsenstein; 6) Eisenblüthe; 7) Marmorsteine von verschiedenen Ländern und Farben, vorzüglich die weißen; 8) Arragonit und Dolomit, gemeiner Kalkspath; 9) Bergmilch, Kreide, verhärteter Mergel; 10) ächter isländischer Doppelspath; 11) weiße Korallen, Fungiten, Seeigel; 12) fossile Knochen und Zähne der Säugethiere; 13) Eierschalen der Vögel, besonders die weißen; 14) orientalische Perlen; 15) Harn= und Gallensteine von Menschen und Thieren; 16) Alabaster sowohl in roher als polirter Gestalt; 17) Pharmakolith; 18) Marienglas.

Sehr interessante Beobachtungen hat Grotthuß über den Chlorophan (röthlich violetter Flußspath von Nertschinsk) gemacht. Ist dieser Wochen lang im Dunkeln aufbewahrt worden, und wird dann, ohne dem Lichte ausgesetzt gewesen zu sein, im Dunkeln beobachtet, so leuchtet er gewiß nicht, auch wenn er durch die Wärme der Hand etwas erwärmt wird; stellt man ihn aber einige Minuten lang ins Sonnen= oder Kerzenlicht, so behält er mehre Tage, ja Wochen lang das Vermögen, im Dunkeln zu leuchten, und wenn er es allmählig verliert, so reicht geraume Zeit hindurch die Wärme der Hand hin, um es wieder hervorzubringen. Hat der Chlorophan zwei bis drei Monate lang in der Finsterniß gelegen, so fängt er erst bei 45° bis 50° R. an zu leuchten und zeigt sich bei dieser Wärme selbst im Wasser leuchtend. v. Grotthuß beschreibt einen Versuch, wo ein Canton'scher Phosphor neben einem Chlorophan 15 Minuten in das Sonnenlicht gestellt wurde und dann jeder in einer Schachtel wohl verschlossen ins Dunkle gesetzt wurde. In der Nacht wurden beide hervorgenommen und leuchteten gleich stark; in der zweiten Nacht, während den Tag über wieder beide im Dunkeln wohl verwahrt gewesen, leuchtete der Chlorophan schon stärker, als der Canton'sche Phosphor, und in den folgenden Nächten ward der Unterschied immer deutlicher; in der fünften Nacht leuchtete der letztere nicht mehr und das Leuchten konnte nur bis zur siebenten Nacht noch durch die Wärme der Hand hervorgerufen werden, statt daß der Chlorophan bis in die zehnte Nacht ohne weitere Nachhülfe und bis zur 24sten Nacht bei Erwärmung durch die

Hand sich leuchtend zeigte; in der 36sten Nacht konnte durch 40° R. Wärme noch ein matter Schimmer hervorgerufen werden. Wurde der Chlorophan bei — 25° Kälte der Sonne ausgesetzt und dann in ein dunkles Zimmer von + 6° bis + 8° Wärme gebracht, so leuchtete er vorzüglich schön mit grünem Lichte, das erst nach einigen Stunden in einen matten farbenlosen Schimmer überging. Wurden dagegen erwärmte Stücke (von 25° bis 30° R. warm) dem Sonnenstrahle ausgesetzt und dann in ein dunkles Zimmer von 0° bis 10° gebracht, so war das Leuchten schwächer und von kürzerer Dauer, so wie es auch bei dem Canton'schen und Bononischen Phosphor der Fall ist. Selbst durch das 2 Minuten hindurch ihn treffende Kerzenlicht blieb er 10 Stunden lang leuchtend.

Die zum Barytgeschlecht gehörigen Mineralien leuchten nach der Bestrahlung auf kurze Zeit, am besten auf dem frischen Bruche. Dagegen fand Heinrich gar nicht oder äußerst schwach und nur ein paar Stunden lang leuchtend, alle sogenannten Edelsteine und alle nur etwas reinen Kieselsteine, die Steine des Thonerden- und Talkerdengeschlechts. Es phosphorescirt ferner kein regulinisches Metall durch Insolation; die Metallsalze (z. B. schwefels. Quecksilber) ziemlich gut, die künstlichen, durch Feuer bereiteten, Metalloxyde sehr schwach oder gar nicht, die natürlichen etwas besser. Ferner phosphorescirt kein brennbares Mineral (Steinkohle, Erdpech, Schwefel u. s. w.) mit Ausnahme des Bernsteins, welcher mittelmäßig phosphorescirt und des Diamants, der in verschiedenen Exemplaren ein sehr verschiedenes Verhalten zeigt. Fast eben so viele Diamanten besitzen die phosphorescirenden Eigenschaften, als andere, die sie nicht besitzen; auch ist die Dauer der Phosphorescenz bei erstern sehr verschieden, von 5 bis 6 Secunden bis zu einer vollen Stunde. — Reines Wasser, reines Glas, geschliffener Bergkrystall leuchten nicht oder kaum merklich; sehr reines und durchsichtiges Eis hingegen leuchtet. — Auch gehören zu den guten Phosphoren dieser Art Boraxsäure, Milchzucker, Benzoesäure.

Frische Bestandtheile der organischen Individuen sind gar nicht oder nur schlechte Phosphoren durch Insolation. Indeß wollen doch Dessaignes und Placidus Heinrich einigemal Phosphorescenz durch Bestrahlung an ihren eigenen trockenen Fingern beobachtet haben. Werden thierische Substanzen, welche Fette oder Oele enthalten (z. B. Federn von Vögeln, geronnene Milch, Käse, Eigelb u. a.) stark ausgetrocknet, so phosphoresciren sie durch Bestrahlung. Ausgetrocknete Pflanzen phosphoresciren nur schlecht, frische gar nicht. Altes Zuckerrohr, gebleichtes Wachs, Hutzucker, arabisches Gummi leuchten gut. Die Pflanzenstoffe werden durch Bleichen in ihrer Leuchtkraft durch Insolation (das Bleichen ist selbst nur eine länger dauernde Insolation) gekräftigt, so z. B. sind gebleichte Leinwand, weißes Papier sehr gute Leuchter.

Es wurde schon oben die allgemeine Bemerkung gemacht, daß die Phosphorescenz in Bezug auf Lichtstärke, Farbe und Dauer sehr verschieden sei. Bei einigen Körpern ist das Licht glänzend und hell, bei andern ruhig und sanft, bei vielen endlich matt, schwach und kaum

bemerkbar. Alles phosphorische Licht der natürlichen, noch nicht durch künstliche Präparation veränderten Phosphore ist nach Heinrich weiß und ohne prismatische Farben, nur das Licht einiger Diamante anfangs etwas feurig. Künstliche Präparate hingegen können mit mancherlei Farben prangen, so der Bologneser Leuchtstein mit einem gelbrothen, der Schwefelstrontian mit einem grünen oder bläulichen, der Canton'sche Phosphor mit einem hellgelben oder rosenrothen, Glycinerde und Chlorophan mit einem grünen. Diese Farbe steht in keiner Beziehung zu der Farbe des Lichts, mit welchem der Leuchtstein zum Phosphoresciren gebracht wurde; wie denn z. B. der mit dem blauen Strahle insolirte Diamant oder Canton'sche Phosphor mit ihrem gewöhnlichen Lichte leuchten.

Der Flußspath und der Diamant leuchten unter den natürlichen Phosphoren am längsten, nämlich mehre Minuten; die am stärksten leuchtenden Phosphore sind nicht die, welche am längsten leuchten, so z. B. hat der zuweilen eine halbe Stunde leuchtende Flußspath ein minder lebhaftes Licht, als die Phosphore des kohlens. Kalkgeschlechtes, welche höchstens eine halbe Minute leuchten. Die Angaben über die Länge der Dauer des Leuchtens weichen übrigens sehr von einander ab, weil es bei den hierüber angestellten Beobachtungen auf die größere oder geringere Dunkelheit des Beobachtungsortes, auf die individuelle Beschaffenheit des Auges des Beobachters und endlich noch auf die individuelle Beschaffenheit eines Exemplars eines phosphorescirenden Körpers ankommt. Der Canton'sche Leuchtstein z. B. soll 10 Secunden dem Sonnenlichte ausgesetzt, nach Dessaignes 10 Stunden, nach Grotthuß 5 Tage, Chlorophan nach Grotthuß 10 Tage, nach Heinrich nur 30 bis 60 Minuten zu leuchten fortfahren u. s. w. Vergleichende Beobachtungen hat Osann angestellt. Er fand, daß das Leuchten des Bononischen Steins nach 4 Minuten, das des Arsenikphosphors erst nach 34 Minuten, das des Antimonphosphors nach 149 Minuten verschwand, zu welcher Zeit der Realgarphosphor noch eben so stark, als eine Stunde zuvor leuchtete. Die Stärke des Leuchtens der Phosphore verhält sich im allgemeinen, wie die Stärke des Lichts, welches es erregte; am wirksamsten ist daher das helle Sonnenlicht und klares Tageslicht. Cantonsche und Bologneser Phosphore, Diamant, Papier und Chlorophan werden schon durch starkes Lampenlicht leuchtend und bei einigen Diamanten, so wie beim Cantonschen Phosphor hat man sogar durch Mondlicht Phosphorsecenz hervorzubringen vermocht. Bemerkenswerth ist, daß der durch Glühen frisch bereitete Bononische Leuchtstein nicht leuchtet, bevor man ihn dem Lichte ausgesetzt hat. Osann und Pl. Heinrich fanden, daß, wenn man frisch bereitete Leuchtsteine noch heiß, sowie man sie eben aus den Tiegel oder aus den glühenden Kohlen nimmt, dem Sonnenlichte aussetzt und sie dann ins Dunkle bringt, wenig oder gar nicht leuchten. Ihre Eigenschaft, durch Bestrahlung leuchtend zu werden, nimmt in demselben Verhältniß zu, in welchem sie erkalten.

Unter den Strahlen des Prismas wirkt der violette (nach Grotthuß der blaue) und der daneben befindliche unsichtbare am stärksten zur

Hervorbringung der Phosphorescenz. Der rothe und der neben ihn befindliche unsichtbare Strahl bewirken (nach Seebeck und Grotthuß) nur ein schwaches, öfters gar kein Leuchten. Phosphore, die durch farbloses Licht leuchtend geworden sind, erlöschen nach Seebeck im rothen Strahl viel schneller, als im dunkeln, ja im rothen, durch die Linse concentrirten Lichte augenblicklich. Auf dieselbe entgegengesetzte Weise verhält sich das durch blaues oder gelbrothes Glas fallende Licht. Allein auch das blaue und violette Licht bewirken kein so lebhaftes Leuchten, als das farblose, es müßte denn durch eine Linse concentrirt sein.

Dessaignes hat beobachtet, daß bei guten Phosphoren die Bestrahlung sogar durch sie umgebende Körper hindurch noch wirksam werde. So wurde z. B. ein mit Papier umwickelter Diamant noch durch Bestrahlung leuchtend und erst nach einer 6fachen Umwicklung mit Papier hörte die Wirkung der Insolation auf. Derselbe Diamant wurde auch noch bei einer Bedeckung mit Lindenholz von 2½ bis 7 Milim. Dicke, mit weißem Leder, mit Zinnfolie, mit dem Zeigfinger phosphorescirend. Im allgemeinen leuchten unter übrigens gleichen Bedingungen weiße Körper besser als farbige und diese besser als braune und schwarze, und Körper in massiven Stücken besser, als in Pulverform. — Berühren, Drücken, Reiben mit der Hand u. dgl. hemmt das Leuchten nicht. Auch unter reines Wasser getauchte Körper werden durch Bestrahlung leuchtend, so wie sie ihr phosphorisches Licht nicht verlieren, wenn sie nach der Bestrahlung unter Wasser versenkt werden, vorausgesetzt, daß das Wasser den Körper nicht auflöse. Gut phosphorescirende Diamanten behielten diese Eigenschaft nach Pl. Heinrich auch im Wasserstoffgas, kohlensauren Gas und Salpetergas, und sollen nach Großer selbst in torricellischer Leere phosphorsciren.

Was bei den angeführten Fossilien im Kleinen stattfindet, wie uns die Beobachtungen zeigen, daß sie nämlich durch Bestrahlung zu selbstleuchtenden Körpern werden, findet in der Natur wahrscheinlich auch im Großen statt und so ist die Vermuthung von Leslie und Pl. Heinrich nahe liegend, daß das Licht der Planeten und des Mondes nur zum Theil von der Reflection des Sonnenlichtes herrühre, zum Theil aber auch durch Phosphorescenzvermögen nach Bestrahlung. Heinrich leitet von dieser letzten auch die längere Dauer der Abendröthe vor der Morgenröthe ab.

Wie die Bestrahlung, so macht auch die Wärme eine große Anzahl von Körpern im Dunkeln leuchtend und zwar werden fast alle nach der Insolation leuchtend werdende Körper auch durch Wärme leuchtend. Einige Körper z. B. die Metalle leuchten nicht nach der Bestrahlung, wohl aber nach Erwärmung. Im allgemeinen sind die besten Phosphoren durch Insolation auch die besten Leuchter durch Erwärmung und die am längsten nach der Bestrahlung leuchtenden Körper leuchten auch durch Erwärmung am längsten. Die meisten der sowohl durch Bestrahlung als Erwärmung leuchtend werdenden Körper leuchten durch Erwärmung länger, als durch Insolation; nur gerade die am längsten durch Bestrahlung leuchtenden Körper, wie der Diamant und der Fluß-

spath leuchten kürzere Zeit durch Erwärmung. Je größer der angewendete Temperaturgrad ist, desto stärker ist das Licht der Phosphoren, desto kürzer aber die Dauer desselben. — Heinrich hatte sich einen völlig gegen den Eintritt alles Lichtes verwahrten Kasten machen lassen, in welchem er, damit das Auge während der Beobachtungen nie durch ein anderes Licht, als das schwache Licht der phosphorescirenden Körper gereizt werde, so lange, als die Versuche dauerten, verweilte. Bei dieser Vorbereitung des Auges konnte er selbst sehr schwache Grade von Leuchten wahrnehmen. Die zu beobachtenden Körper wurden ihm durch einen sogleich wieder völlig dicht und von selbst sich schließenden Schieber hineingereicht. Von Grotthuß brachte bei ähnlichen Versuchen sein Auge unter die Decke eines Bettes und ließ sich dorthin die zu beobachtenden Körper in das völlige Dunkel hineinreichen, um sie mit gut vorbereitetem Auge zu beobachten. Um die Erwärmung zu bewirken, bediente sich Heinrich einer Schale von dickem Kupfer, die ihm noch glühend in den Kasten hinein gereicht wurde und auf welche er, nachdem das sichtbare Glühen aufgehört hatte, die Mineralien und andere zu untersuchende Körper legte und ihre Phosphorescenz nach Stärke, Farbe und Dauer angab; auf diese Weise hat Heinrich eine sehr große Anzahl von Beobachtungen angestellt. Die Anwendung von leuchtender Wärme muß vermieden werden, damit alle Phosphorescenz durch Bestrahlung ausgeschlossen bleibe. Durch die schwächste Temperaturerhebung wurden die Körper leuchtend, wenn man sie bei den Versuchen in Gestalt eines mäßig feinen Pulvers anwendete; übrigens richtet sich der Temperaturgrad, welcher Leuchten hervorbringt, nicht nur nach der materiellen Verschiedenheit der Körper, sondern ist auch bei den verschiedenen Individuen derselben Art verschieden. Unter allen Fossilien scheint der Flußspath dasjenige zu sein, welches bei der niedrigsten Temperatur nämlich schon zwischen 70° und 88° C. leuchtend wird.

Bei den meisten Körpern ist das Licht sanft ausströmend; bei den Metallfeilen und einigen schweren Metalloxyden und Metallsalzen ist es funkelnd. Die Farbe des Lichts ist mannigfaltiger, als bei der Insolation, und es läßt sich, weil sie zum Theil durch Nebenumstände bestimmt wird, nicht wohl etwas Allgemeines darüber angeben. Bemerkenswerth ist, daß derselbe Körper in den verschiedenen Phasen seines Erwärmens oder Erkaltens oft mehre Farben successiv durchläuft, so daß es scheint, als ob er die verschiedenen Lichttheilchen mit ungleicher Kraft festhielte. Vorzüglich zeigen die flußsauren und kohlensauren Kalkerden, der Schwerspath, Talk- und Thonerde dieß Phänomen. Ein Flußspath in kleinen Fragmenten zeigt bei allmählig zunehmender Wärme der Ordnung nach folgendes Farbenlicht: mattweißlich, gelblich, grün, bläulich, violett (das Violett ausnehmend schön und anhaltend). Zwei etwas größere Stückchen erreichten das Violett nicht, sondern blieben beim Hellgrün stehen; nur das Pulver kam bis zum glänzenden Weiß hinauf, zeigte aber die Zwischenfarben nicht. (Ueberhaupt taugt Pulver zu solchen Versuchen nicht, weil es zu früh das Maximum der Phosphorescenz erreicht). — Ein Feldspath äußerte successiv folgende Farben: schwaches Licht, gelblich, grünlich, bläulich, glänzend hell.

Hienach scheint es, daß die weniger brechbaren Strahlen am leichtesten entweichen.

Das Licht durchdringt den ganzen Flußspath, so daß man die Schichten unterscheiden kann und die ganzen Stücke wie durchsichtig erscheinen. Bei Pulver hielt die Phosphorescenz einige Minuten an und größere Stücke leuchteten 15 Minuten. Auf einem heißen Ofen leuchtet der Flußspath Tage lang. Nach Grotthuß zeichnet sich durch seine Phosphorescenz bei Erwärmung besonders der röthlich violette Flußspath von Nertschinsk, der Pyrosmaragd oder Chlorophan aus. Derselbe wird bei der Erhitzung smaragdgrün und nachher beim Erkalten erst farblos, dann wieder violett; wenn er nach der Erhitzung im Tageslichte grün aussieht und hierauf in einen verfinsterten Raum gebracht wird, so erscheint er hier smaragdgrün und stärker leuchtend als alle andern Flußspathe*). Die meisten Mineralien und die Schwerspathe leuchten zwar bei der Erwärmung, verlieren aber bei hohen Temperaturen, die letztern durch das Glühen, die Fähigkeit zu leuchten. Die Diamanten wurden bei sehr ungleichen Temperaturen leuchtend, einige schon bei der Siedhitze des Wassers, andere noch nicht bei einer Hitze von 212° C. Auch die übrigen Edelsteine leuchten zum Theil erst in sehr hohen Temperaturen. Topas leuchtete schön hellgelb; Amethyst gepulvert leuchtete grün und gelb; orientalischer Granat glühendroth; Bergkrystall wurde bei großer Hitze durchaus leuchtend. Kiesel und Sand leuchteten besser als gefärbte Gläser und diese besser als weißes Glas. Von den Mineralien, deren Hauptbestandtheile Bittererde oder Thonerde ist, leuchteten einige (in Gestalt von grobem Pulver angewendet) gut z. B. Meerschaum, Amianth, Talk, Feldspath u. a. Die künstlichen

*) Chlorophan, der durch Glühen seine Leuchtkraft verloren hat, liefert durch Auflösung in Salzsäure und Abdampfen Krystalle von Flußspath, welche beim Erwärmen nicht oder sehr wenig leuchten, während frischer Chlorophan, oder geglühter, welchem durch den elektr. Funken die Leuchtkraft wiedergegeben worden ist, auf dieselbe Weise mit Salzsäure behandelt, Krystalle liefert, die beim Erwärmen leuchten. Bringt man geglühten oder ungeglühten Chlorophan in Salzsäure und fällt ihn durch Ammoniak, so leuchtet der Niederschlag des erstern mit schwach bläulichweißem, des letztern mit lebhaft smaragdgrünem Lichte. Schlägt man die salzs. Auflösung des ungeglühten Chlorophans durch Schwefelsäure nieder, so leuchtet der erhaltene Gyps fast so lebhaft als der Chlorophan, nur mit etwas anderem Lichte; fällt man gewöhnlichen salzs. Kalk durch Schwefelsäure, so erhält man als Niederschlag einen Gyps, welcher gar nicht leuchtet. Löst man auf der einen Seite geglühtes, auf der andern geglühtes und hinterher elektrisirtes Kochsalz in Wasser auf und dampft beide Auflösungen ab, so dampft letztere Auflösung unter Auswittern schneller ab und liefert ein beim Erwärmen lebhafter leuchtendes Salz. Geglühtes und vor allem Lichtzutritt verwahrtes Kochsalz (nach Dessaignes auch mehre andere Salze) zeigt sich durch Erwärmung schwach leuchtend, wenn man es mit Wasser befeuchtet. (Ueber die Wirkung der Elektr. auf das Leuchten s. d. Folg.)

Phosphore leuchten bei der Erwärmung, aber nicht eben mit ausgezeichneter Schönheit.

Osann fand bei den von ihm verfertigten Leuchtsteinen: Antimonphosphor, Realgarphosphor, Arsenikphosphor, daß sie trocken der Hitze des kochenden Wassers ausgesetzt mit der ihnen eigenthümlichen Farbe leuchteten, in kochendes Wasser eingetaucht zwar anfangs leuchteten, aber bald erloschen. Der Arsenikphosphor behielt auch nach dem anhaltenden Glühen seine Eigenschaft leuchtend zu werden. — Bei Salzen, deren Basen Alkalien oder Erden sind, findet zuweilen beim Aufstreuen auf die heiße Platte ein plötzliches Entstehen von Lichtfunken ohne dauerndes Phosphoresciren statt. Pottasche leuchtete prächtig orange, hellglänzend und dann weißlich, selbst Asche von weichem Holze leuchtete mattweiß 25 Sec. lang. Feuchte Salze leuchteten fast gar nicht, doch stieg bei einem ziemlich trockenen vegetabilischen Kali ein leuchtender Dampf auf und nachher leuchtete der Körper mit funkelndem Lichte. Kein Salz, das durch Erhitzen schmilzt, leuchtet. Kochsalz verlor durch Glühen zum Theil die Fähigkeit zu phosphoresciren, ätzendes Salz verlor sie ganz, Salpeter dagegen leuchtete besser, nachdem er in einem Schmelztiegel lange Zeit flüssig erhalten war. — Die Metallfeilspähne geben zuweilen ein augenblickliches Glühen; krystallisirter Grünspan gab ein Funkeln und Glühen und ein Stückchen schien sogar in eine schwache Flamme auszubrechen; Quecksilber zeigte keine Spur von Licht und selbst bis zum Aufwallen erhitzt nur schwachen Schimmer; kubischer Schwefelkies kam purpurroth glühend in den Kasten und leuchtete 25 Secunden länger als das Kupfer; grobe Körner dieses Schwefelkieses, auf das schon dunkle Kupfer ausgestreut, leuchteten grünlich. Bleigraues Spießglanzerz und Spießglanzglas leuchteten schön. Heinrich macht hierbei die Bemerkung, daß die Metalle drei verschiedene Erscheinungen zeigen. Erstlich bemerkte man an den Feilspähnen, wenn sie auch auf dunkel heißes, nicht mehr glühendes Kupfer fallen, zuweilen ein augenblickliches Funkeln, welches man wohl als wirkliches Glühen so kleiner Theilchen ansehen müsse; zweitens trete bei den geschwefelten Metallen zuweilen ein wahres Verbrennen ein, aber drittens zeigen auch manche Metalloxyde eine eigentlich so zu nennende Phosphorescenz. — Unter den brennbaren mineralischen Substanzen zeichnete sich Graphit durch ein grünliches, nachher weißliches Licht aus; Bernstein leuchtete feurig glänzend und nachher goldgelb; Schwefel entzündete sich. Faules Holz gerieth auf dem dunkel heißen Kupfer in förmliches Glühen; Mehl aus Mais bringt zuerst einen augenblicklichen starken Schimmer, dann ein schönes, ruhiges Licht hervor; auch Roggenmehl leuchtet, Stärke deßgleichen. Weißes Schreibpapier leuchtet auf der dunkel heißen Platte, ohne sich zu entzünden. Elfenbein sprüht anfangs Funken, nachher leuchtet es mit einem ins Grünliche spielenden Lichte. Harte Knochen leuchten grünlich; Eierschalen anfangs grün, dann gelblich weiß, selbst schon bei verminderter Hitze; Pulver von Austerschalen anfangs grünlich, bei abnehmender Wärme gelb, zuletzt weißlich. Auch die Oele leuchten bei starker Erwärmung, Terpentinöl und Steinöl hören auf zu leuchten, wenn sie etwas unter die Siede-

hitze des Wassers abgekühlt sind, Provenceröl bei 237° C. Wachs bei 169° C. Im Allgemeinen leuchten nach Heinrich diejenigen Körper am besten, welche am meisten unverbrennbar und noch mit einer Säure verbunden sind. Tropfbarflüssige nicht brennbare Körper und eben so durch das Feuer ausgeglühte und schon ausgebrannte Körper werden nicht durch Erwärmung leuchtend. Auch die sonst gut leuchtenden Körper verlieren durch zu starke Erhitzung ihre Phosphorescenz. Flußspath, der durch heftiges Glühen seine Leuchtkraft verloren hat, erhält dieselbe wieder, wenn man ihn mit flußsaurem Wasser benetzt und mehre Stunden in flußsaurem Gase läßt. Auf ähnliche Weise erhält der durch Brennen seiner Phosphorescenz beraubte Schwerspath dieselbe wieder, wenn man ihn mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet und trocknen läßt. Nach Dessaignes leuchten rauhe Flächen stets leichter und stärker als polirte und manche Körper, welche polirt nicht leuchten, werden dadurch zu Phosphoren bei der Erwärmung, daß man ihnen eine rauhe Oberfläche gibt.

Wie das Sonnenlicht (auch Tageslicht und Kerzenlicht) durch Insolation eine Reihe von Körpern leuchtend macht, so auch der elektrische Funke. Heinrich ließ den Funken einer geladenen Flasche von 160 Quadratzoll Belegung zwischen Kugeln, die ½ Zoll von einander entfernt waren, überschlagen und bewirkte auf diese Weise die immer gleiche Stärke des Funkens; die in dem Versuche zu prüfenden Körper wurden zwischen eine Unterbrechung der Metalldrähte, wo der Zwischenraum 10—12 Linien betrug, auf eine Harzfläche gelegt, so daß der Funke seinen Weg über sie nehmen mußte, und nach einer im Dunkeln zweimal hinter einander erfolgten Entladung ward die Dauer des Leuchtens beobachtet. Hier zeigten sich nun wieder die Mineralien aus dem Kalkgeschlechte und die Schwerspathe als vorzüglich gut leuchtend. Doppelspath leuchtete über 6 Minuten, roher Kalkstein 4—5 Minuten, grüner Flußspath und Schwerspath 6 Minuten, schwach gebrannter Schwerspath 8 Minuten, gebrannte Austerschalen 50 Minuten. Einige dieser Körper erlangten zuerst einen farbigen Glanz, der aber bald ins Weißliche überging.

Aus diesen und andern Versuchen, welche Grotthuß anstellte, geht hervor, daß der elektrische Funke das Leuchten wie das Sonnenlicht durch Bestrahlung erzeugt. Zu bemerken ist, daß die meisten Körper nur in der Linie leuchteten, welche den Weg des elektrischen Funkens bezeichnete, die meisten künstlichen Phosphore jedoch und Zucker zeigten sich in ausgedehnterer Breite leuchtend. Wichtiger und interessanter sind dagegen die neueren von Pearsall angestellten Versuche, aus denen hervorgeht, daß der elektrische Funke im Stande sei, das Leuchtvermögen zu erhöhen und das verlorne Leuchtvermögen der Phosphore wieder herzustellen. Schon Grotthuß hatte bemerkt, daß die Eigenschaft des Chlorophans, bei gelinder Hitze leuchtend zu werden, wenn er sie durch stärkeres Erhitzen verloren hatte, wieder hervorgerufen werde, wenn man dicht über seine Oberfläche mehre starke Funken von elektrischen Schlägen hinwegleitet. Ein Gleiches fand Pearsall bei mehren Kalkspatharten und Diamanten. Auch im Allgemeinen über das

Vermögen des elektrischen Funkens Körper leuchtend zu machen hat Pearsall Versuche angestellt.

Nicht allein solche Körper, die in ihrem fossilen Zustande die Eigenschaft haben, zu phosphoresciren, sondern auch andere können durch elektrische Schläge diese Eigenschaft bekommen. Als Beispiele hiervon führt Pearsall mehre Arten von kohlensaurem Kalk, calcinirten Fischknochen und Schneckenschalen an. Bei solchen, die schon in ihrem natürlichen Zustande phosphoresciren, wird diese Eigenschaft durch Elektricität erhöht. Diejenigen, welche durch zu starkes Erhitzen dieselbe verloren und durch elektrische Schläge wiederbekommen haben, phosphoresciren dann selten mit eben so starkem Lichte wie vorher. Inzwischen hängt die Farbe viel vom (so zu sagen) Lichtreichthum des phosphorescirenden Körpers ab, denn Pearsall fand, daß derselbe Körper nach einigen elektrischen Schlägen schwach leuchtete z. B. mit purpurfarbenem Licht, nach mehren stärker und mit grünem Licht, und nach 100 Schlägen oder beim Maximum seiner Phosphorescenz, war das Licht fast weiß. Das durch den elektrischen Funken erlangte Vermögen zu phosphoresciren, erhielt sich mehre Monate lang*). Bei dieser Gelegenheit fand es sich, daß gefärbte Flußspathe, welche mit ihrem Vermögen zu phosphoresciren beim Erhitzen auch ihre Farbe verloren hatten, bei Wiederherstellung ihrer Phosphorescenz durch elektrische Schläge sich öfters, jedoch nicht immer, wieder färbten, wiewohl selten mit derselben Farbe, die sie zuvor hatten. Purpurfarbener, nicht erhitzter Flußspath wurde durch elektrische Schläge dunkler gefärbt; der anders gefärbte aber wurde nicht verändert. Wenn sich geglühter Flußspath durch elektrische Schläge färbte, so wurde die Farbe stärker an den Kanten und Ecken, so wie auch an den von Sprüngen gebildeten

*) Ein, im natürlichen Zustande sehr stark phosphorescirender Chlorophan, der bei Erwärmung erst ein bläulichgrünes, sehr helles, dann nelkenrothes mit blassem Weiß gemischtes Licht gab, wurde durch Rothglühen seiner phosphorescirenden Eigenschaften gänzlich beraubt. Als darauf über denselben ein einziger elektrischer Schlag aus einer kleinen Leidner Flasche von etwa 1 Quadratfuß Belegung geleitet ward, ward das Mineral beim Uebergange der Elektricität mit grüner Farbe leuchtend, und als die so elektrisirte Portion erhitzt ward, phosphorescirte sie mit grünem Lichte, fast eben so stark, wie eine Portion des Minerals im natürlichen Zustande, mit dem sie verglichen ward. Dieser Versuch gab bei mehrmaliger Wiederholung stets dieselben Resultate. Als wiederholte Schläge auf den durch Glühen der Phosphorescenz beraubten Chlorophan geleitet wurden, zeigte sich, daß das Phosphorescenzvermögen mit der Zahl und Stärke derselben zunahm, indem das bei Erhitzung ausgestrahlte grüne Licht nach drei, sechs oder zwölf Schlägen dunkler und anhaltender, als nach einem einzigen Schlage ward. — Tage lang einwirkendes Sonnenlicht vermochte die durch Glühen von Chlorophan zerstörte Phosphorescenz nicht wieder herzustellen. Analoge Resultate wie am Chlorophan wurden am Flußspath und Apatit erhalten.

Kanten. Diese neu erhaltene Farbe verblich wieder leicht am Tageslicht. Die im natürlichen Zustand am stärksten gefärbten Flußspathe wurden auch durch Elektricität am stärksten gefärbt. Die Farben variirten zwischen Roth, Lilla und Blau. Alle diese Versuche glückten auch, wenn die angewandten Proben in Glasröhren eingeschlossen waren. Mit dem durch Entladung der elektrischen Säule erhaltenen Licht konnten sie zwar ebenfalls hervorgerufen werden, allein schwächer. Pearsall vermuthet, die Phosphorescenz beruhe auf einer inneren krystallinischen Structur, die sich jedoch auch in geschlämmtem Pulver erhalte, da solches beim Erhitzen phosphorescire, dieß aber nach der Auflösung und Fällung nicht mehr thue. — Er fand, daß Flußspath, wenn man ihn in Salzsäure auflöst und durch Ammoniak wieder fällt, weder phosphorescirte, noch durch elektrische Schläge diese Eigenschaft wieder erlangen konnte. Dagegen phosphorescirten kleine Krystalle, die sich beim Verdunsten der salzsauren Lösung gebildet hatten. Als Resultat seiner Versuche hatte v. Grotthuß angegeben, daß Flußspath, der sein Vermögen zu phosphoresciren noch besaß, nach der Auflösung und Fällung dasselbe noch behalten hatte; daß aber solcher, der es schon vorher verloren hatte, dasselbe nach der Auflösung und Fällung nicht wieder bekam. S. oben S. 337. Anmerk.

Leuchten lebendiger Pflanzen ist öfters beobachtet worden und scheint eine den Lebensproceß gewisser Pflanzen begleitende Erscheinung zu sein. Natürlich kann es nur im Dunklen wahrgenommen werden. Die neusten Beobachtungen von Zavadzki an Blumen sind im Art. Elektricität S. 117 angeführt. Gilbert beobachtete das Phosphoresciren eines Mooses mit grünlichem Lichte in einer feuchten Höhle. Ebenso haben Derschau, Laroche und Gerhard eine Species Rhizomorphen in Bergwerken schön leuchtend gefunden, wenn sich das Auge des Beobachters schon lange im Dunkeln befunden hatte und dadurch für Lichterscheinungen empfindlicher geworden war. Bei diesen zuletztgenannten Beobachtungen fand aber ein anhaltendes Leuchten statt, während Zavadzki blitzähnliches Leuchten beobachtete. Hierher mag noch gehören, daß John Splitter einer frisch gefällten Fichte leuchten sah.

Viel öfter ist das Leuchten abgestorbener Pflanzentheile beobachtet worden. Namentlich hat man häufig leuchtendes Holz gefunden. Wie es scheint, sind unter geeigneten Umständen alle Theile der Bäume leuchtfähig, so wie alle verschiedenen Holzarten phosphorescirend werden können. Indeß scheinen doch von den bei uns wachsenden Hölzern die Erle, Weide und die Fichte am meisten der Phosphorescenz fähig zu sein. Das Leuchten des Holzes tritt früher ein als die Fäulniß, aber es ist nothwendig, daß es sich in einem gewissen Grade der Feuchtigkeit befinde; je mehr es die Feuchtigkeit verliert, desto schwächer leuchtet das Holz, und nachdem es zu leuchten ganz aufgehört hat, kann man ihm die verlorne Leuchtkraft durch mäßiges Benetzen mit frischem Wasser und Verhüllung in Papier und Leinwand wieder ertheilen. Heinrich hat gefunden, daß die Temperatur keinen wesentlichen Einfluß auf die Leuchtkraft des Holzes hat. Nur bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkte und über dem Siedepunkte hört das Holz zu leuch-

ten auf, weil die in ihm befindliche Feuchtigkeit im ersten Falle erstarrt, im zweiten Falle durch die Hitze in Dampfform ausgetrieben wird. — Nach Pl. Heinrich kann man sich sicher jederzeit phosphorescirendes Holz verschaffen, wenn man die nach dem Fällen der Bäume zurückgebliebenen tiefgesenkten Pfahl= oder Seitenwurzeln, nachdem sie durch die Länge der Zeit abgestorben (so lange sie Sprößlinge austreiben, sind sie untauglich), ausgräbt, zu Hause in den Keller oder ein feuchtes Behältniß legt und für mäßige Befeuchtung sorgt. Sie werden dann unter der Rinde bald zu leuchten anfangen und lange damit fortfahren. — Will man sich leuchtende Baumäste verschaffen, so wähle man dergleichen von einem gesunden noch vegetirenden Baume, befreie sie von den dünnen Auswüchsen, vergrabe sie sammt der Rinde in mäßig feuchtes Erdreich und warte so lange, bis sich an ihnen ein Anfang von Verwesung zeigt. Sie fangen dann unter der Rinde an zu leuchten. — Man kann sich auch nach Heinrich dadurch leuchtendes Holz verschaffen, daß man in Waldungen recht alte Holzstumpfe, an denen sich bereits Spuren von Fäulniß zeigen, aussucht, die, wenn sie auch auswärts nicht leuchten, doch, wenn man sie ausgräbt, im Innern sehr schön phosphoresciren werden. Bei einer Reihe von Versuchen, welche Heinrich über das Leuchten des Holzes in verschiedenen tropfbaren expansiven Flüssigkeiten anstellte, fand derselbe Folgendes: Unter Wasser und unter Quecksilber dauerte das Leuchten 24 Stunden, unter Oel 12 Stunden, unter Weingeist und Schwefeläther nur 10—30 Minuten, ohne Zweifel, weil diese Flüssigkeiten das Wasser und die harzigen Theile des Holzes in sich aufnehmen und also den Zustand des Holzes sehr verändern. Säuren heben in kurzer Zeit das Leuchten auf. Daß die atmosphärische Luft das Leuchten befördert, schließt Heinrich daraus, daß gleiche Stücke Holz, im gesperrten luftvollen Raume und in freier Luft beobachtet, ungleich lange leuchteten, im gesperrten Raume kürzere Zeit; das im gesperrten Raume schon erloschene Holz fing, nach einigem Zeitverlaufe, wieder an zu leuchten, wenn man Luft zutreten ließ. Indeß leuchtete das Holz auch in sehr verdünnter Luft fort und in Sauerstoffgas nicht merklich stärker. In Stickgas leuchtete das Holz 12—24 Stunden, statt daß es in freier Luft 6, auch wohl 9 Tage zu leuchten pflegte; in Wasserstoffgas verhielt es sich ungleich, zuweilen erlosch es sehr bald; in Kohlensäure leuchtete es nicht über 20 Minuten, in Salpetergas nicht über 7 Minuten. Das leuchtende Holz scheint keine Verminderung des Sauerstoffes hervorzubringen, dennoch kann man dasselbe als einen sehr langsam vorsichgehenden Verbrennungsproceß ansehen, bei dem nur unmerkliche Quantitäten Sauerstoff nach und nach verzehrt werden. Durch Behandlung mit siedendem Wasser oder Wasser von 65° R. wird das Holz ausgelaugt und hört auf zu phosphoresciren, woraus sich ergibt, daß das Leuchten nicht eine Eigenschaft der Holzfasern, sondern der beigemengten Bestandtheile ist, die durch das heiße Wasser ausgezogen werden. Man hat auch bei andern Pflanzen Leuchten, kurz ehe sich zu faulen begonnen, bemerkt, so z. B. leuchten Kartoffeln beim Zerschneiden, wenn sie im Keller liegend angefangen haben auszuwachsen.

Wie lebende Pflanzen, so gibt es auch lebende Thiere, welche leuchten, doch gehören die im gesunden Zustande leuchtenden Thiere sämmtlich den niedern Thierklassen an. Man kennt bis jetzt als leuchtende Thiere unter den Infusorien: Leucophra echinoides; Trichoda triangularis, granulosa, clava und echinoides; Gleba pseudohippus, crispa, crystallina, deformis, conus und spiralis. — Zoophyten: Pennatula phosphorea, Sertularia neritina und volubilis. — Mollusken: Sehr viele Arten von Medusa, wie pellucens (Banks), scintillans und lucida (Makartney) u. s. w.; Beroë fulgens, globosa, Brasiliensis, micans und flava; Mammaria adspersa; Nereïs noctiluca und marina; viele Arten von Psyssophora und Salpa nebst den leuchtenden Eierstöcken der letztern. — Schaalthiere: Photas dactylus. — Insecten und Crustaceen: Elater noctilucus, ignitus und phosphoreus; Fulgora laternaria und candelaria; Lampyris noctiluca, splendidula und laternaria; Pausus sphaerocerus Afzel; Scolopendra electrica, phosphorea und morsitans; Cancer fulgens und macrourus; Oniscus fulgens und einige Arten von Monoculus, Amymone und Nauplius. Am bekanntesten ist der bei uns vorkommende Leuchtkäfer oder das Johanniswürmchen (Lampyris splendidula und noctiluca). Unter Johanniswürmchen versteht man gewöhnlich das Weibchen, unter Johanniskäfer das Männchen der Lampyris noctiluca. Sowohl das Männchen, als auch, und zwar noch stärker, das Weibchen phosphorescirt bei diesem Thiere an einigen Stellen unter den letzten Bauchringen. — Nach Pl. Heinrich jedoch bemerkt man am Weibchen des Johanniswürmchens außer den am stärksten lichten Stellen am ganzen Leibe ein schwaches, aber doch ausdauerndes Licht. — Oeffnet man den Hinterleib eines Leuchtkäfers, so findet man, daß das Leuchten vermittelst einer besondern Einrichtung hervorgebracht wird. Auf der Innenseite der drei Endringe entdeckt man eine gelblichweiße, halbdurchsichtige Materie, welche unter dem Mikroskop eine merkwürdige Bildung aus kleinen stark verzweigten Fasern zeigt und im Dunkeln lebhaft leuchtet. Ist das Innere eines Ringes dieser Substanz beraubt, so leuchtet es nicht mehr. Die Phosphorescenz wird überhaupt äußerlich nur vermöge der ausnehmenden Durchsichtigkeit der Bedeckungen sichtbar. — Man bemerkt bei den Versuchen mit diesen Thieren deutlich, daß die Phosphorescenz derselben von ihrer Willkür abhängt. — Geräusch und Bewegung scheinen, wenn auch nicht immer, doch oft, das Insect zum Verdunkeln seines Lichts zu veranlassen. Eben so ein plötzlicher Schlag, den es erhält, indeß sich das Leuchten zu vermehren scheint, wenn man den Leuchtkäfer mit wiederholten leichtern Stößen beunruhigt. Mangel an Nahrung, Gewitter und das Licht einiger Kerzen scheinen keinen merklichen Einfluß auf die freiwillige Phosphorescenz zu äußern. Wenn der Leuchtkäfer freiwillig sein Licht verdunkelt, so findet sich immer, daß das Phosphoresciren nach und nach abnimmt, und zwar beginnt dieses Abnehmen von dem vordersten, dem Kopfe nächsten Ringe, und von hier aus geht die Verdunklung nach und nach weiter. Die Verdunklung ist bisweilen vollkommen, zu an-

dern Zeiten bleibt ein schwaches Licht an den beiden Punkten des Endringes zurück. — Das Mittel, vermöge dessen der Leuchtkäfer sein Licht verdunkelt, scheint eine rein nervöse Einwirkung zu sein; wenigstens geschieht es nicht mittelst Ueberziehens einer Haut. Man findet in der That bei anotomischer Untersuchung des Lampyris-Weibchens mehre röthlich-weiße Nervenfäden, die sich in das leuchtende Organ vertheilen. — Das freiwillige Leuchten der Johanniskäfer bemerkt man nur Nachts. — Bei Tage liegen sie in einer Art Schlaf; sticht man sie aber mit einer Nadel, so kann man auch hier bei Tage ein schwaches Licht bemerken (Heinrich). — Sehr viel trägt zum Leuchten die Bewegung bei, daher sich das Leuchten des Männchens im Fluge und des Weibchens im Kriechen am schönsten ausnimmt. Bei jeder Schwingung des Körpers scheint sich das Licht zu entzünden und zur Zeit der Ruhe größtentheils zu verlöschen. — Bei dem Männchen der Lampyris italica bemerkt man an den leuchtenden Ringen des Bauches eine zitternde Bewegung, mit deren Zunahme der Glanz zunimmt und mit deren Abnahme derselben schwächer wird. — Erhöht man die Temperatur, in welcher Leuchtkäfer sich befinden, bis zu gewissem Grade, so zeigt sich die Phosphorescenz sogleich, und dauert so lange, als die Wärme auf demselben Grade erhalten wird, sowohl unter Wasser, als in der Luft. Einen ähnlichen verstärkenden Einfluß äußert die Erwärmung auch nach dem Tode. — Trennt man den Kopf einer freiwillig leuchtenden Lampyris oder die drei leuchtenden Ringe ab, so wird das Licht nach und nach schwächer und nach 5 Minuten ist es völlig verschwunden; aber nach einigen Minuten erhalten die leuchtenden Ringe wieder Bewegung und die Phosphoreszenz erscheint von neuem, aber mit immer weit minderem Glanze, und hält schwach 2 bis 3 Tage an; erst beim Erwärmen des Thieres erhält das Licht wieder Glanz und ein lebhaftes Phosphoresciren tritt dann auf der Stelle ein. Diese Erscheinung läßt sich, so oft man will, während zwei bis drei Tagen wiederholen; später kann man sie nicht wieder hervorbringen. Auf gleiche Weise erhält auch ein natürlich gestorbener Leuchtkäfer während desselben Zeitraums eine schwache im Dunkeln sichtbare Phosphorescenz. — Im luftleeren Raume und in irrespirabeln Gasarten verlischt das Leuchten, scheint dagegen in Sauerstoffgas an Lebhaftigkeit zuzunehmen. Unter Wasser dauert es bei einiger Erwärmung fort, verlischt dagegen unter Mineralsäuren und Alkohol und überhaupt unter allen Umständen, unter welchen Eiweiß geronnen zu werden vermag, wie denn wirklich Macaire aus der Gesammtheit seiner Versuche das Resultat zieht, daß die leuchtende Materie eine eiweißartige Substanz sei. — Dunkle Leuchtkäfer, der Einwirkung des elektrischen Stroms einer Elektrisirmaschine ausgesetzt, erlitten keine bemerkbare Veränderung. Ein starker Entladungsschlag einer Leidner Flasche oder mehre wiederholte brachten eben so wenig Leuchten hervor. Dagegen wurde ein lebendiger dunkler Leuchtkäfer in dem Volta'schen Strom einer geschlossenen Säule schwach leuchtend. Das Thier wurde mit einigen Tropfen Wasser zwischen zwei Platindrähten in die Kette gebracht. Das Insect wurde im Augenblick

des Schließens derselben leuchtend und das Leuchten hielt an, so lange die Schließung dauerte. Berühren mit nur Einem Poldrahte war ohne Wirkung; Berühren mit beiden, an welchem Theile des Körpers es sein mochte, erzeugte Leuchten. Im Augenblick der Oeffnung der Kette erlosch das Licht, und es leuchtete sogleich von Neuem, wenn man die Kette wiederum schloß. Auch nach dem Tode des Thieres bringt der Galvanismus Leuchten hervor, doch bloß wenn man die Körner der Leuchtmaterie, nicht, wenn man andere Theile des Thieres in die Kette bringt, auch nicht im luftleeren Raume. — Nach Macartney steigt das Thermometer in Berührung mit den leuchtenden lebenden Käfern; aber nicht in Berührung mit den abgetrennten leuchtenden Theilen des Schwanzes.

Besonders merkwürdig wegen der Großartigkeit der Erscheinung die sie hervorbringen, sind die leuchtenden Seethiere, die in großer Menge vorhanden das oft beobachtete Leuchten des Meeres bewirken. Das Leuchten dieser Thiere scheint eine Aeußerung ihrer Lebensthätigkeit zu sein, daher es mit der Bewegung und bei einer durch Umstände erhöhten Lebensthätigkeit zunimmt. So ist zu erklären, warum das Leuchten des Meeres am stärksten im bewegten Wasser und im Kielwasser der Schiffe (wo das Wasser durch das Schiff bewegt ist) ist, so wie dieß auch bei gewitterhafter, stiller, warmer Luft besonders lebhaft eintritt. In den höhern Thierklassen gibt es wenige oder keine leuchtenden Geschlechter, doch kommen Beispiele von leuchtendem Schweiße und Harne von Menschen vor. Die Eier der Eidechsen leuchten.

Todte thierische Körper werden sehr häufig leuchtend gefunden, und besonders zeichnen sich in dieser Beziehung die Fische aus. Diese leuchten in der See nur vermöge ihnen anhängender Gewürme. Wenn man sie aus der See bringt und tödtet, pflegen sie auch den ersten Abend noch nicht zu leuchten, sondern erst am zweiten Abende beginnt das Phosphoresciren, und zwar leuchtet zuerst nur der Kopf, namentlich die Augen, später erst Bauch und Schwanz. Gekochte oder eingesalzene Fische leuchten nicht, aber Besprengen mit Wasser scheint den Glanz leuchtender Fische zu erhöhen. Die Fische leuchten nur so lange, als sie feucht bleiben, und das Licht zeigt sich am schönsten an Ecken und Winkeln, z. B. an den Ohren, Kimen u. s. w. Hulme fand, daß Häringe und Makrelen in den zwei ersten Tagen, nachdem sie vom Markte gebracht, am schönsten leuchteten und dann in 4 bis 6 Tagen allmählig ihre Leuchtkraft verloren. Im Winter währte das Leuchten, weil die Fäulniß später eintritt und mit zunehmender Fäulniß das Leuchten abnimmt, oft gegen 14 Tage. Nach Dessaignes leuchten vorzüglich die Apneurosen, Ligamente, Kapseln, Milchen, überhaupt die schleimigen Theile, nicht die muskulösen; die inneren Theile fingen erst an zu leuchten, wenn sie einige Zeit der Luft ausgesetzt waren. Es schwitzt aus den Thieren ein anfangs klarer flüssiger Schleim aus, welcher zähe und trübe und damit auch leuchtend wird. Dieser leuchtende Schleim läßt sich über die Finger verbreiten, welche selbst dadurch leuchtend werden, auch kann er durch Maceration mit Wasser oder salzigen Flüssigkeiten den Fischen entzogen und so getrennt als leuchtende Flüs-

sigkeit dargestellt werden, die es oft mehre Tage lang bleibt, und besonders beim Rütteln eine verstärkte Phosphorescenz zeigt.

Aus allen zuverlässigen Resultaten seiner und anderer Erfahrungen über die thierische Phosphorescenz ergeben sich nach Heinrich folgende Hauptsätze:

a. In allen sechs Klassen des Thierreiches gibt es viele (?) Individuen, welche die Eigenschaft besitzen im Finstern zu leuchten; einige bereits im Leben, andere erst nach dem Tode; einige stärker, andere schwächer, einige länger, andere kürzer.

b. So verschieden auch die Natur dieser Individuen ist, so hält doch bei allen die Phosphorescenz in der Hauptsache denselben Gang, und es erfolgen überall unter gleichen Umständen ganz ähnliche Erscheinungen.

c. Immer geht das freiwillige Leuchten der eigentlichen Fäulniß voran, und jenes nimmt ab, wie diese wächst. Je geneigter übrigens die thierische Substanz zur Verwesung ist, desto williger stellt sich, alles übrige gleich gesetzt, die Phosphorescenz ein.

d. Der freiwillig ausbrechende Leuchtstoff, was er immer sein mag, hat seinen Sitz nicht in den festen, sondern in den flüssigen Theilen des Thieres z. B. nicht in den Knochen und den Muskelfasern, sondern in den Feuchtigkeiten. Jene festen Theile bleiben während des Leuchtens unzersetzt.

e. Der Leuchtstoff scheint sich im Innern der thierischen Maschine zu entwickeln, in Verbindung mit einer klebrichten Feuchtigkeit auf die Außenfläche zu dringen und so in die umgebende Luft auszubrechen; ein Beweis, daß im Innern bereits eine Zersetzung vor sich geht, wenn auch für unsere Sinne noch keine Spur von Fäulniß da ist.

f. Mittelst dieser klebrigen Substanz kann man den Leuchtstoff vom thierischen Körper trennen, und andern Materien, vorzüglich manchen Flüssigkeiten z. B. dem Wasser, der Milch, mittheilen, wodurch diese gleichfalls auf einige Zeit leuchtend werden.

g. Der Leuchtstoff ist flüchtiger als die schleimige Substanz, mit der er verbunden ist.

h. Durch Austrocknen und gelindes Dörren phosphorischer Theile des Thieres kann man zwar ihr wirkliches Leuchten hemmen, aber die Fähigkeit hierzu erhält sich und geht mittelst einer geschickten Anfeuchtung neuerdings in Wirklichkeit über. Durch Auslaugen hingegen mit siedend heißem Wasser wird alle Fähigkeit zu leuchten vernichtet; so auch durch starke Säuren und gesättigte Salzauflösungen.

i. Feuchtigkeit, mäßige Temperatur und Zutritt der äußern Luft haben auf diese Phosphorescenz einen entschiedenen Einfluß, und es scheint dabei ein schwacher Gährungsproceß vorzugehen. Kein thierischer Körper leuchtet in ganz trockenem Zustande, so wie kein durch Kälte erstarrter. Keiner setzt das Leuchten fort ohne alles Dasein atmosphärischer Luft, allein schon ein äußerst geringer Antheil dieser Luft ist hinreichend, den Leuchtproceß lange Zeit zu unterhalten; daher er selbst

im möglichst verdünnten Raume der Luftpumpe nie ganz und gar verschwindet, und sogar unter Wasser noch lange fortdauert.

k. In keiner ganz unathembaren Luftart geht dieses Leuchten vor sich. Nur von der Schwierigkeit vollkommen reine Gase zu bereiten, scheint es herzurühren, daß das Leuchten auch in mephitischen Luftarten noch eine Zeitlang aushält, wenn es schon früher angefangen hat.

l. Bei lebendigen Thieren sowohl, als bei leuchtenden Flüssigkeiten ist die Bewegung dem Leuchten gedeihlich, manchmal sogar nothwendig, vielleicht nebst andern Umständen auch darum, weil durch Bewegung die Berührungspunkte zwischen der phosphorischen Substanz und der Luft vermehrt und gewechselt wurden.

m. Durch niedrige Temperatur, wenn sie nur nicht unter dem Gefrierpunkt des Wassers fällt, wird das freiwillige Leuchten der Dauer nach verlängert, der Intensität nach aber geschwächt; bei höherer Temperatur hingegen gewinnt das phosphorische Licht an Helle, und verliert zugleich an Dauer.

n. Bei den verschiedenen Gattungen leuchtender Thiere ergeben sich zwei auffallende Unterschiede: der eine in Hinsicht des Subjectes und seines Körperbaues, der andere in Hinsicht des Elementes, in welchem das Thier lebt und woraus es seine Nahrung zieht. Thiere nämlich von sehr zartem Körperbau, ohne eigentliche Muskelfasern und Knochen, sind zu dieser Phosphorescenz so sehr geneigt, daß man sie an ihnen schon bei Lebzeiten und vollkommener Gesundheit bemerkt, was bei kraftvollen Thieren höherer Ordnung erst nach dem Tode eintritt.

o. Nicht geringer ist der Unterschied zwischen Thieren derselben Gattung, je nachdem sie Bewohner des Meeres, der süßen Gewässer oder des festen Landes sind, indem die ersten ohne Ausnahme lebendig oder todt, und zwar mit vorzüglicher Pracht leuchten, die letztern zwei aber höchst selten freiwillig und ohne Vergleich schwächer phosphoresciren. Es scheint daher, das Seewasser habe als Nahrungsmittel einen günstigen Einfluß auf das Leuchten, und es trage dazu bei, die Seethiere zum Phosphoresciren geschickter zu machen.

p. Durch Salz und schwache Salzauflösungen kann man das Fleisch solcher Thiere zum Leuchten bringen, die sich von freien Stücken nicht dazu bequemen wollen.

q. Beim Ueberblicke des Ganzen ergibt sich zwischen See- und Landthieren folgende Harmonie. Unter den Seethieren leuchten am schönsten und häufigsten die zarten Mollusken und Würmer; hierauf kommen die etwas kräftigern Schaalthiere; dann die Fische und zuletzt,

wie man vermuthen könnte, die warmblütigen Thiere des Meeres, ob uns wohl hierüber noch die Beobachtungen mangeln. Unter den Thieren des festen Landes kommen gleichfalls zuerst die zarten Würmer und Insecten, hierauf die Fische und Amphibien, endlich das Fleisch der warmblütigen Thiere. Die Thiere der ersten Classe leuchten bereits lebendig, die der andern in der Regel nie anders als nach dem Tode; in der Mittelclasse gibt es einige lebendig, andere nur todt leuchtende.

r. Bei den meisten (vielleicht bei allen) lebendig leuchtenden Thieren ist das Leuchten örtlich, und wie es scheint auch periodisch, das heißt, es schränkt sich entweder gänzlich auf einen bestimmten Theil des Körpers ein, oder es zeigt sich an gewissen Stellen vorzüglich schön, welche mit dem Lebensende verschwinden oder sich vor andern Theilen nicht mehr auszeichnen. Bei den Würmern und Insecten des festen Landes scheint es sich vorzüglich zu gewissen Jahreszeiten oder in einer bestimmten Lebensperiode einzustellen. Dieser Umstand hat auch auf das Leuchten nach dem Tode Einfluß.

Unglaublich klingt die Erzählung von einer amerikanischen Reiherart, welche ein Licht an der Brust haben soll, das dem Scheine einer gewöhnlichen Wachskerze gleich kommen und dem Vogel dienen soll in dem Wasser, das dadurch erleuchtet wird, seine Beute zu entdecken. Sehr bekannt dagegen ist die Thatsache, daß die Augen verschiedener Thiere, namentlich der Katzen, Hunde, vieler Raubthiere u. s. w. im Finstern leuchten sollen. Neuerdings hat man aber hieran gezweifelt, geleugnet daß in völliger Dunkelheit ein Leuchten der Augen stattfinde und das im Helldunkel eintretende Leuchten für Reflection des äußeren Lichtes von der glänzenden Tapete des Auges erklärt. Rengger hat jedoch beim Leuchten der Augen mehrer Thiere in Süd-Amerika, unter denen manche dieß Licht stärker als die Augen unserer europäischen Hausthiere zu verbreiten scheinen, Umstände wahrgenommen, die (wie Treviranus bemerkt) mit jener Annahme nicht zu vereinbaren sind. Bei einem Nachtaffen (Nyctipithecus trivirgatus) bemerkte er das Licht nur bei großer Finsterniß, und dieses hatte eine solche Stärke, daß Gegenstände, die in einer Entfernung von anderthalb Fuß vor den Augen des Affen lagen, sich vermittelst desselben unterscheiden ließen. Bei einem blinden Canis Azarae, der an einer Amaurose zu leiden schien, leuchteten die Augen nicht mehr, und bei einem andern, dem die Krystalllinse des einen Auges verdunkelt war, gab dieses Auge dann noch am Rande der Pupille einen, doch nur schwachen Schein, wenn sich die letztere sehr erweiterte. Die Lichterscheinung hörte auch nach Durchschneidung und selbst schon nach Verletzung der Sehenerven auf; hingegen Verletzungen der Hornhaut und der Iris hatten darauf keinen Einfluß. Sie trat nur dann ein, wenn ein Eindruck auf das Gesicht oder Gehör die Aufmerksamkeit des Thieres erweckte, oder wenn ein Trieb oder eine Leidenschaft dasselbe aufregte. Es muß hiernach im Hintergrunde des Auges jener Thiere eine Lichtentwickelung stattfinden, die unter dem Einfluße des Nervensystems steht. Ob sie aber von der

Einwirkung der Sehenerven oder von der der Ciliarnerven abhängt, darüber läßt sich aus Rengger's Beobachtungen nicht entscheiden; denn bei den Versuchen mit der Durchscheidung oder Verletzung der Sehenerven blieben gewiß auch die Ciliarnerven nicht unbeschädigt. Daß durch die glänzende Tapete des Auges die Stärke des Lichtes vermehrt wird, ist nicht zu bezweifeln. Unmöglich aber ist es, daß sie in dem kleinem Auge des erwähnten Affen und in großer Finsterniß bloß durch Zurückwerfung äußeren Lichtes einen anderthalb Fuß weit entfernten Gegenstand sollte erhellen können. (Treviranus.) Ueber die Phosphorescenz des menschlichen Auges s. d. Art. Farbe.

Von allen Körpern welche wir mit unsern Augen wahrnehmen geht Licht aus, man unterscheidet aber zwischen solchen Körpern, welche eigenthümliches Licht haben, selbst Lichtquellen sind: leuchtenden Körpern, und solchen, bei denen dieses nicht der Fall ist, die also an sich dunkel, unsichtbar sind und nur, indem Licht von andern Körpern auf sie fällt und von ihnen zurückgeworfen in unser Auge gelangt, gesehen werden, in welchem Falle sie dann beleuchtete Körper oder Licht zurückwerfende, reflectirende Körper heißen. Die Reflection geschieht stets nach bestimmten Gesetzen, dasjenige Licht welches von dunklen Körpern zurückgeworfen wird, ohne daß die Regelmäßigkeit der Reflection zu bemerken ist, heißt zerstreutes Licht. Das Licht welches von einem Körper als von seiner Quelle oder durch Zurückwerfung ausgeht, nimmt seinen Weg entweder durch die Luft oder durch einen andern Körper hindurch (wenn es nicht wieder von ihm zurückgeworfen wird) und dieser Körper heißt das Medium (lat., Mittel) durch welches das Licht hindurch geht. Körper durch welche das Licht hindurch geht, heißen durchsichtige und unterscheiden sich von den undurchsichtigen, welche kein Licht durch sich hindurch lassen. Man unterscheidet mehre Grade der Durchsichtigkeit, vom Durchschimmern, Durchscheinen, Durchleuchten u. s. f. bis zur klarsten Durchsichtigkeit. Von einem jeden sichtbaren Körper geht das Licht geradlinig fort und ändert seine Richtung nicht, so lange als es in demselben Mittel bleibt. Ein leuchtender Punkt sendet nach jeder Richtung hin geradlinige Lichtstrahlen aus, und ein leuchtender Körper entsendet eben so von jedem seiner Punkte aus nach jeder Richtung hin unzählige geradlinige Strahlen, woher es kommt, daß man einen durchaus leuchtenden Körper im Raume überall erblickt, sobald nicht ein für das Licht undurchdringlicher Körper in gerader Richtung zwischen dem leuchtenden Körper und dem Beobachter sich befindet. Von dem geradlinigen Fortgange des Lichtes kann man sich leicht überzeugen, wenn man einen leuchtenden Punkt durch mehre kleine Löcher betrachtet, welche sich in mehren hintereinander liegenden undurchsichtigen, zwischen dem Auge und dem leuchtenden Punkte stehenden Körpern, z. B. Bretchen von Holz befinden. So lange diese Bretchen so gestellt sind, daß eine vom leuchtenden Punkte nach dem Auge gehende gerade Linie durch sämmtliche kleine Löcher hindurch geht, erblickt das Auge den leuchtenden Punkt, derselbe aber verschwindet alsbald, so wie eines der Bretchen eine kleine Verrückung erfährt. Fer-

ner verschwindet ein leuchtender Punkt, welcher in der Verlängerung paralleler und in einer Ebene gespannter Seidenfäden liegt dem Auge, welches sich in derselben Ebene befindet, erscheint aber alsbald, wenn man das Auge nur im Geringsten aus dieser Ebene verrückt. Endlich geht die geradlinige Fortbewegung auch noch aus der regelmäßigen Bildung des Schattens hervor. S. d. Folg. und den Art. Schatten.

Bei keiner der auf der Erde selbst auftretenden Lichterscheinungen können wir eine Bewegung des Lichtes in der Art wahrnehmen, daß eine gewisse Zeit von der Entstehung des Lichtes in seiner Quelle bis zu dem Augenblicke vergehe, wo das Licht in unser Auge dringt. Hieraus folgt indeß noch nicht, daß das Licht stets gleichzeitig an dem Orte seines Ursprungs und an jedem beliebig weit von jenem entfernten Orte sei. Stellen wir uns vor, daß ein Gegenstand sehr schnell sich bewege z. B. 100 Meilen in Einer Sec. zurücklege, so wird die Zeit in welcher derselbe 1 Meile zurücklegt, $\frac{1}{100}$ Sec., schon eine für uns durchaus nicht mehr wahrnehmbare Größe sein. Nun bedenke man aber, daß das Licht 40000 Meilen in Einer Secunde durchläuft, so ist leicht begreiflich, warum wir in irdischen Entfernungen, die immer nur wenige Meilen betragen, durchaus nicht mehr beobachten können, wie viel Zeit vergehe, während diese Entfernungen vom Lichte zurückgelegt werden. Um die Schnelligkeit des Lichtes zu entdecken, mußte man auf größere Entfernungen leuchtender Körper, z. B. wie sie im Weltraume vorkommen, sein Augenmerk richten, und etwa zu berechnen suchen, wie viel Zeit erforderlich sei, damit das Licht vom Jupiter bis in unser Auge gelange. Da die Entfernung des Jupiter aus astronomischen Forschungen bekannt ist, so würden wir hiernach die Schnelligkeit des Lichtes berechnen können. Das Licht aber erzeugt sich in den leuchtenden Körpern fortwährend, und wird von den beleuchteten Körpern continuirlich, d. h. ohne Unterbrechung zurückgeworfen. Hieraus ergibt sich die neue Schwierigkeit, wie wir unterscheiden sollen, ob das in einem gewissen Zeitmoment z. B. vom Jupiter abgehende Licht dasselbe sei, welches nach Verlauf einer gewissen Zeit in unser Auge tritt. Auf der Erde ließen sich Versuche über die Geschwindigkeit des Lichtes in dieser Beziehung leicht anstellen: wir zünden zu einer gewissen Zeit ein schnell aufbrennendes Feuer an und bemerken den Augenblick in dem dieses Licht an einem entfernten Orte bemerkt wird. Wir hätten hier ein Lichtsignal, welches beobachtet würde, und ohne derartige Signale werden wir an den entfernten Himmelskörpern keine Beobachtungen anstellen können; wir müssen überdieß wissen zu welcher Zeit diese Signale z. B. am Jupiter gegeben werden. Es scheint hiernach die Untersuchung über die Geschwindigkeit des Lichtes in das Reich des Unmöglichen gesetzt zu sein und dennoch ist dieselbe ganz in der angedeuteten Weise mittelst Signale am Jupiter auf überraschende Weise von Römer ausgeführt worden.

Solche Signale sind die Verfinsterungen der Jupitersmonde. Die astronomische Berechnung läßt sich für sie so streng führen, daß wir den wirklichen Augenblick, wo sie eintreten müssen, und die Zwischenzeiten von einer Verfinsterung bis zur andern als vollkommen genau bekannt

ansehen können; aber diese Zwischenzeiten geben uns eben Gelegenheit, die allmählige Fortpflanzung des Lichtes wahrzunehmen. Der erste Jupitermond welcher dem Hauptplaneten am nächsten ist, tritt nach immer gleichen Zwischenzeiten (die nur um 4 bis 5 Sec. verschieden sind) in den Schatten des Jupiters J, (Fig. 150.) und wenn man diese Verfinsterungen während die Erde in E ist, beobachtet, so sieht man sie immer nach den berechneten Zwischenzeiten eintreten. Hier bei E nämlich bleibt die Erde mehre Tage lang dem langsam fortrückenden Jupiter J ziemlich gleich nahe, und das Licht hat daher bei allen Verfinsterungen gleich lange Zeit nöthig, um zu uns zu gelangen, so daß wir, obgleich die Verfinsterung später von uns gesehen wird, als sie eintritt, doch diesen Zeitverlust in der Zwischenzeit der Verfinsterungen nicht wahrnehmen. Ist hingegen die Erde nach G gekommen, wo sie sich von F nach G vom Jupiter täglich mehr entfernt, so verspätet sich der beobachtete Anfang der Verfinsterung bei jeder folgenden Verfinsterung immer mehr. Zwischen zwei nächsten Verfinsterungen des ersten Mondes vergehen 42 Stunden und 28 bis 29 Minuten, und in dieser Zeit vergrößert sich die Entfernung der Erde vom Jupiter ungefähr um 630000 Meilen; gebrauchte also der letzte, vor der Verfinsterung von dem Monde ausgehende Lichtstrahl eine gewisse Zeit, um nach F zu gelangen, so braucht er bei der folgenden Verfinsterung etwas mehr Zeit um nach G zu gelangen, und die Zwischenzeit des Anfangs der Finsterniße ist daher größer. Diese Vergrößerung der Zwischenzeit beträgt ungefähr 15 Sec., und so viel Zeit verwendet also das Licht, um 630000 Meilen zu durchlaufen. Die entgegengesetzte Beobachtung findet statt, wenn die Erde sich in der Gegend HK ihrer Bahn dem unterdeß langsam fortrückenden Jupiter nähert; hier sehen wir jede folgende Verfinsterung etwas eher eintreten, und der Zeitunterscheid ist eben so der unterdeß erfolgten Annäherung der Erde zum Jupiter angemessen, wie im andern Falle der größer werdenden Entfernung. Und indem wir so zu der Kenntniß gelangt sind, daß das Licht ungefähr 40000 Meilen in einer Sec. durchläuft, ergibt nun jede Beobachtung eine Prüfung und eine Bestätigung dieser Angabe. Wir wissen nämlich nun, daß wir in E den Eintritt in den Schatten oder den Austritt aus den Schatten auch nicht dann sehen, wenn er statt findet, sondern ungefähr 35 Minuten später; wir berechnen diese Verzögerung für die in F, G, L, beobachteten Eintritte in den Schatten nach dem Maße der jedesmaligen Entfernung, und die Beobachtung zeigt, daß diese berechnete Zeit, wobei auf die Fortpflanzung des Lichtes Rücksicht genommen ist, wirklich die ist, die der Wahrheit gemäß ist.

Eine Bestätigung der von Römer aufgefundenen Geschwindigkeit des Lichtes gewährte bald nach jener Entdeckung die von Bradley gemachte Beobachtung der Abirrung des Lichtes (s. d. Artikel). Hieraus ergab sich zugleich, daß jene Geschwindigkeit allem Lichte eigenthümlich sei, nicht etwa nur dem der Planeten zukomme, indem sie sich bei allen Fixsternen als dieselbe zeigte. Die Sterne scheinen nämlich alle vermöge der Aberration Ellipsen zu beschreiben, die desto schmäler sind, je näher die Sterne der Ekliptik stehen, deren große Axen

aber alle gleich, nämlich 40 Sec. sind, weil diese durch das Verhältniß der Geschwindigkeit des Lichtes zur Geschwindigkeit der Erde bestimmt wird. Gäbe es Sterne deren Licht langsamer zu uns käme, so würden sie eine größere Ellipse zu durchlaufen scheinen, aber solche Sterne hat man nicht gefunden, sondern bei allen genau angestellten Beobachtungen findet sich die Aberration derjenigen Geschwindigkeit des Lichtes, die aus den Verfinsterungen der Jupitersmonde geschlossen worden, so entsprechend, daß man keine Verschiedenheit, die für unsere Beobachtungen merklich wäre, wahrnehmen kann. Die Abweichungen der verschiedenen Berechnungen sind nämlich in Bezug auf die Größe, um die es sich handelt, unbedeutend. Nach Delambre ist die Geschwindigkeit des Lichtes 10183 mal so groß als die mittlere Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn (Berechnung nach Beobachtung der Jupitersmonde); nach von Lindenau (Berechnung aus der Aberration) ist die Geschwindigkeit des Lichtes 10086 und nach Sturm 10140 mal so groß als die der Erde. Hiernach legt das Licht den Weg von der Sonne bis zur Erde in 493 Sec. nach Delambre, in 497,9 Sec. nach Lindenau und in 495,7 Sec. nach Struve zurück, und nimmt man 495 Sec. hierfür an, so ist die Geschwindigkeit des Lichtes 41750 Meilen in Einer Secunde. Nach Herschel ist die Geschwindigkeit des Lichtes 41560 deutsche Meilen in Einer Secunde.

Nach dem Vorhergehenden hat also das Licht eine gleichförmige Bewegung und pflanzt sich geradlinig fort. Dieses beides ist jedoch nur so lange der Fall, als sich das Licht ununterbrochen in demselben Medium befindet. Trifft aber das Licht auf seinem Wege auf ein anderes Medium, als dasjenige, in dem es sich bis dahin fortpflanzte, so erleidet es bei seinem Uebergange aus dem einen in das andere Medium eine Aenderung der Geschwindigkeit, welche sich in den meisten Fällen durch eine Aenderung der Richtung und der Intensität zu erkennen gibt. Ein Theil des Strahles geht nämlich von der Grenze zweier verschiedenartiger Medien in das frühere zurück, während der andere Theil in das neue Medium eintritt. So wie der Strahl in einer schiefen Richtung gegen die Grenze beider Medien geneigt ist, ändert er seine Richtung beim Eintritt in das neue Medium, welche Erscheinung man die Brechung des Lichtes nennt (s. d. Art. Brechung, einfache und Linsen). Bei den durchsichtigen Körpern verläßt der in sie eingetretene Theil des ursprünglichen Lichtes sie wieder. Aber auch bei den undurchsichtigen Körpern tritt ein Theil des Lichtes in ihr Inneres ein, verläßt dasselbe jedoch nicht wieder, verschwindet und man sagt, der undurchsichtige Körper habe das Licht verschluckt, oder (lat.) absorbirt. Wir kennen weder einen Körper der alles auf ihn fallende Licht durch sich hindurch läßt, noch einen der alles auf ihn fallende Licht zurückwirft.

Die von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahlen, welche auf dasselbe Medium fallen, können unter gewissen dieses Medium betreffenden Bedingungen, so von demselben zurückgeworfen oder gebrochen werden, daß sie sich völlig oder doch näherungsweise wieder in einem Punkte vereinigen. Von diesem Punkte gehen sie wieder wie von einem ur-

sprünglichen Lichtquelle aus, und das gegen denselben gerichtete Auge erblickt in demselben ein Bild des Punktes, von dem ursprünglich die Lichtstrahlen ausgingen. Was von Einem, das gilt auch von mehren leuchtenden Punkten, welche zusammen die Oberfläche eines leuchtenden Körpers ausmachen, und so kann durch Brechung und durch Reflection auch das Bild eines leuchtenden Gegenstandes erzeugt werden. Je mehr Strahlen eines jeden leuchtenden Punktes am Gegenstande von dem brechenden oder reflectirenden Medium gesammelt, im Bilde vereinigt werden, und ins Auge gelangen, mit desto größerer Klarheit erscheint das Bild, und je genauer wieder in Einen Punkt die von demselben leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen vereinigt werden, mit desto größerer Deutlichkeit erscheint das Bild.

Ein Raum in welchem sich durchaus gar kein Licht befände, würde eine völlige Finsterniß darbieten; wir nennen jedoch jeden Raum finster, in welchem so wenig Licht vorhanden ist, daß wir nicht mehr im Stande sind, die Gegenstände mit Hilfe desselben zu unterscheiden. Ist nur so viel Licht da, daß wir zwar die Gegenstände, aber nicht genau nach Farbe und Umgrenzung, wahrnehmen, so nennen wir den Raum dunkel. Da die Größe der Sichtbarkeit der Gegenstände nicht allein von der Menge des in einem Raume vorhandenen Lichtes abhängt, sondern auch von der individuellen, oft nur vorübergehenden Empfindlichkeit unseres Auges (s. d. Art. Gesicht), so sind die Begriffe von Dunkelheit und Finsterniß relativ, d. h. es läßt sich nicht eine genaue und allgemeine Bestimmung über die größte Quantität vorhandenen Lichtes, bei welcher noch Finsterniß und Dunkelheit statt findet, geben. Dunkle Stellen im übrigens lichterfüllten Raume können allein dadurch entstehen, daß undurchsichtige Körper das von dem den Raum erleuchtenden Gegenstande ausgehende Licht abhalten, an eine gewisse Stelle zu gelangen. Man nennt dann diese dunkle Stelle den Schatten des sie erzeugenden undurchsichtigen Körpers. Der Schatten wird, und dieses ist ein neuer Beweis für die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes, durch die an den Grenzen des ihn erzeugenden dunklen Körpers vorbei fahrenden Strahlen begrenzt, und so ist die Gestalt und Größe des Schattens von Gestalt und Größe des ihn erzeugenden dunklen Körpers abhängig, so wie von der Lage und Entfernung des lichtentsendenden Gegenstandes von dem dunklen Körper. (Siehe den Art. Schatten.)

Das von einem Körper zurückkehrende Licht (in das Medium durch das es auf jenen Körper gelangte), ist, wie schon oben bemerkt wurde, theils regelmäßig reflectirt, theils zerstreut. Das zerstreute Licht gibt dem Körper das Ansehen eines selbstleuchtenden Gegenstandes, und durch das regelmäßig reflectirte Licht erhalten wir ein Bild des ursprünglich lichtentsendenden Gegenstandes. Je ebener und glatter die Oberfläche eines beleuchteten Gegenstandes ist, desto weniger findet Lichtzerstreuung an ihm statt, desto vollkommner wird das auf ihn fallende Licht regelmäßig reflectirt. Daher kommt es, daß derselbe Körper, so lange seine Oberfläche rauh ist, nur selbst sichtbar ist, sobald er aber geglättet und polirt wird, das Bild des Gegenstandes gibt, von

dem aus Licht auf seine Oberfläche fällt. Solche Körper, welche durch Reflection des Lichtes die Bilder der auf ihre glatte Fläche Licht entsendenden Gegenstände zeigen, werden Spiegel genannt. Ueber die Gesetze der Zurückwerfung des Lichtes siehe d. Art. Zurückwerfung und Spiegel (Cylinderspiegel, Hohlspiegel, Kegelspiegel u. s. w.).

Das Licht der Sonne, welches dasjenige ist, durch welches wir bei Tage die Gegenstände der Erde wahrnehmen, ist weiß. Dieses Weiß aber enthält in sich alle diejenigen Farben, welche wir in bekannter Mannigfaltigkeit wahrnehmen. Es wurde oben gesagt, daß beim Uebergange aus einem Medium in ein anderes der Lichtstrahl gebrochen werde, sobald er auf die Grenzfläche beider Medien in einem schiefen Winkel auffalle. Diese Brechung ist zugleich mit einer Zerlegung des weißen Lichtes in verschiedene Farbenstrahlen verbunden. Man sagt, jeder weiße Lichtstrahl bestehe aus mehren verschiedenfarbigen Lichtstrahlen, von denen jeder eine andere Brechbarkeit besitze, d. h. einen anderen Winkel mache mit der Richtung des einfallenden (gebrochenen) Strahles, und daher bei der Brechung für sich sichtbar werde. S. d. Art. Brechbarkeit, Brechung, Farbe, Prisma. Außer dem Sonnenlichte (dem directen sowohl als dem reflectirten) hat auch das Licht noch vieler anderer lichtentsendender Körper die Eigenschaft, daß jeder seiner Strahlen aus verschieden brechbaren und verschieden gefärbten Strahlen zusammengesetzt erscheint.

Merkwürdige Erscheinungen bieten sich dar, wenn zwei Lichtstrahlen, welche von Einer Lichtquelle ausgehen, auf verschiedenen, sich aber unter sehr kleinen Winkeln durchschneidenden Wegen in Einem Punkte zusammentreffen, indem sie dann eine eigenthümliche Einwirkung auf einander äußern, von welcher im Art. Zusammentreffen zweier Lichtstrahlen näher die Rede ist, und welche man mit dem Namen der Interferenz bezeichnet. Eine scheinbare Ausnahme von der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes machen die Phänomene der Beugung. Lichtstrahlen nämlich, welche an den Kanten eines Körpers vorbeigehen oder durch eine sehr kleine Oeffnung geleitet werden, erfahren eine Ablenkung von der geraden Bahn und werden dabei in farbige Büschel zerlegt. Das letztere ist eine natürliche Folge des ersteren, indem wegen der verschiedenen Brechbarkeit die einzelnen Farbenstrahlen aus denen der weiße Lichtstrahl besteht, bei der Beugung wie bei der Brechung sichtbar werden müssen; die einen werden mehr als die anderen von dem geradlinigen Fortgange abgelenkt. Warum aber überhaupt eine solche Ablenkung stattfinde, wäre nur nach einer Erkenntniß von der Natur des Lichtes möglich richtig zu erklären. Eine gleich interessante aber auch gleich räthselhafte Lichterscheinung bietet sich in den Farben dünner Körper dar, wie sie z. B. an den Seifenblasen wahrgenommen werden. S. d. Art. Anwandlungen und Farbe.

Einen besonderen Theil der Lehre vom Lichte macht die Photometrie (v. d. griech. φῶς Licht und μέτρον Maß) aus, d. h. die Bestimmung der Stärke (Messung) des Lichtes. Es wurde oben die Bemerkung gemacht, daß von einem leuchtenden Punkte nach allen

Richtungen Licht ausgesendet würde. Nach allen Richtungen hin ist das Licht von gleicher Stärke. Stellen wir uns jetzt einen solchen leuchtenden Punkt im Mittelpunkte einer hohlen Kugel vor, so wird durch denselben die ganze innere Kugelfläche gleichmäßig erleuchtet werden. Jeder der Strahlen, welche von dem Punkte in der Mitte ausgehen, fällt senkrecht auf die Kugelfläche, oder richtiger auf eine die Kugel berührende Ebene. Da auf diese Weise das Licht auf der Kugelfläche ganz gleichmäßig vertheilt ist, so verhalten sich die Lichtmengen der einzelnen Theile der Kugelfläche genau wie diese Theile selbst, und im Allgemeinen hängt die Stärke der Beleuchtung von der Lichtstärke des leuchtenden Punktes ab. Nehmen wir jetzt an, die Kugel erweitere sich, ihr Halbmesser sei jetzt z. B. zweimal so groß als vorher. Die Oberflächen verschiedener Kugeln verhalten sich wie die Quadrate ihrer Halbmesser. Hieraus folgt, daß wenn jetzt der Halbmesser der Kugel um den leuchtenden Punkt doppelt so groß als vorher ist, die beleuchtete Fläche viermal so groß als vorher ist, während die Quantität des Lichtes nur noch eben so stark wie bei der ersten Annahme ist. Die Lichtquantität der ganzen Kugelfläche und jedes bestimmten Theiles derselben ist folglich $\frac{1}{4}$ der Lichtquantität der ersten Kugel (von halb so großem Halbmesser) und jedes entsprechenden Theiles. Im Allgemeinen folgt hieraus der Satz, daß für bestimmte Theile von Kugelflächen die von einem in ihrem Mittelpunkte sich befindenden leuchtenden Punkte ausgehenden Beleuchtungen ihrer Quantität an Licht nach umgekehrt sich verhalten wie die Quadrate der Entfernungen der beleuchteten Flächen von den leuchtenden Punkten. Ist die von einem Punkte aus beleuchtete Fläche nicht eine Kugelfläche, sondern z. B. eine Ebene, so wird nur Ein Strahl des leuchtenden Punktes genau senkrecht diese Ebene treffen und nur das zunächst um diesen Strahl liegende Stück der Ebene wird so wenig von einer Kugelfläche abweichen, daß man die Beleuchtung desselben nach der angegebenen Regel berechnen kann; die anderen Theile der Ebene werden in schiefer Richtung von den Strahlen getroffen und nach einem andern Gesetze erleuchtet. Unter übrigens gleichen Umständen nimmt die Erleuchtung in demselben Grade ab, in welchem der Sinus des Einfallswinkels*) wächst. Geht die Beleuchtung nicht von einem leuchtenden Punkte aus, sondern von einer leuchtenden Fläche oder von einem leuchtenden Körper, so wird die Beleuchtung der Fläche von der Menge der leuchtenden Punkte abhängig, d. h. von der Größe der leuchtenden Fläche oder des leuchtenden Körpers. Die Gesammtbeleuchtung der Fläche wird die Summe der ihr von einem jeden der leuchtenden Punkte zu Theil werdenden Beleuchtung sein. Es haben

*) Es sei DE Fig. 151. die Fläche, welche von dem leuchtenden Punkte S beleuchtet wird, so fällt allein der Strahl SF senkrecht auf die Fläche DE, jeder andere Strahl z. B. SD um so schiefer, je größer der Ausstrahlungswinkel FSD ist. DG ist das Einfallsloth des Strahles SD und SDG (=FSD) der Einfallswinkel. Ueber die Ausdrücke **Einfallsloth**, **Einfallswinkel** und **Sinus** desselben u. s. w. siehe d. Art. **Brechung**.

nämlich nicht alle Strahlen einerlei Intensität, sondern die schief ausfahrenden sind in dem Verhältnisse weniger intensiv, als der Sinus des Ausstrahlungswinkels größer ist. Demnach steht die Erleuchtung einer Fläche im geraden Verhältnisse mit dem Glanze und der Größe der leuchtenden Fläche (oder des jener Fläche zugekehrten Theiles des leuchtenden Körpers, wenn derselbe undurchsichtig, oder des Körpers selbst, wenn er durchsichtig ist), im verkehrten mit dem Sinus des Ausstrahlungs= und Einfallswinkels und mit dem Quadrate der Entfernung der Lichtquelle von der genannten Fläche.

Gesetzt die von A (Fig. 152.) ausfahrenden Strahlen treffen bei B auf die Oberfläche eines Körpers MN, so wird ein Theil des Lichtes gebrochen und geht innerhalb des Körpers in der Richtung BC fort, und tritt endlich nach nochmaliger Schwächung und Brechung aus MN wieder heraus. Ein zweiter Theil des Lichtes wird in der Richtung BD reflectirt und ein dritter Theil endlich zerstreut. In Folge der Reflection erblickt ein bei D stehendes Auge das Bild von A in B, und vermöge der stattfindenden Lichtzerstreuung sieht man in jeder Stellung von MN den Punkt B. Wie groß nun in allen ähnlichen Fällen die Stärke des reflectirten Lichtes und des zerstreuten Lichtes gegen das gebrochene sei, hängt nicht allein von dem Verhältnisse des Brechungsvermögens der beiden Körper zwischen denen das Licht übergeht ab, sondern auch von dem Winkel, unter welchem die einzelnen Lichtstrahlen den zweiten Körper treffen. Es wird nämlich beim Uebergange von einem Mittel in das andere desto mehr Licht reflectirt, je verschiedener beide Mittel hinsichtlich der Größe ihres Brechungsvermögens sind. Gelangt z. B. der Lichtstrahl von Wasser auf Glas, so wird weniger von ihm reflectirt, als wenn er von Luft auf Glas fällt. Die polirten Metalle haben im Verhältniß gegen Luft ein sehr starkes Brechungsvermögen und reflectiren daher sehr viel Licht. Ferner wird auch um so mehr von einem Strahle reflectirt, je schiefer derselbe einfällt. So z. B. glänzt eine Wasserfläche, eine Glastafel um so stärker von reflectirtem Lichte in je schieferer Richtung man sie betrachtet. Beim Uebergange aus einem stärker brechenden Mittel in ein weniger brechendes kann bei bestimmten Einfallswinkeln sogar alles Licht reflectirt werden. Die Menge des regelmäßig reflectirten Lichtes steht wie es scheint in gar keinem Zusammenhange mit dem Grade der Durchsichtigkeit des reflectirenden Mittels. Wenn man z. B. directes Sonnenlicht auf die Oberfläche von Wasser fallen läßt, welches sich innerhalb eines inwendig geschwärzten Gefäßes befindet, so wird auf ihr das Sonnenbild eben so hell erscheinen, wie auf der Oberfläche von Tinte in einem ähnlichen Gefäße, wenn der Beobachter in beiden Fällen sein Auge in derselben schiefen Stellung gegen die spiegelnde Oberfläche hält. Die Zerstreuung des Lichtes ist um so größer, je rauher die Oberfläche des vom Lichte getroffenen Körpers ist. Bei einer rauhen Oberfläche gibt es nähmlich eine Menge kleiner Körpertheilchen, welche das Licht nach den verschiedensten Richtungen reflectiren, indem dasselbe auf die vielen verschieden geneigten Flächen in den mannigfaltigsten Winkeln auffällt. Ueberdieß wird durch die kleinen Körpertheile auch Beugung des Lichtes bewirkt.

Flüssige Körper haben stets eine glatte Oberfläche und zerstreuen daher nur wenig Licht, wogegen mattes Glas und Metall fast alles auf sie fallende Licht zerstreuen. Durch die Rauheit der Oberfläche kann endlich noch ein Aufheben der reflectirten Strahlen durch Interferenz veranlaßt werden. Dieß bemerkte namentlich Brewster an einem Stücke Rauchtopas, welcher an seinen natürlichen Flächen viel Licht reflectirte, an einer Bruchfläche aber so schwarz erschien, als hätte man ihn mit einem schwarzen Pigment überzogen.

Nach Bouguer wird von einem Lichtstrahle, der senkrecht von der Luft auf Wasser fällt 0,018, von einem, der eben so von Luft auf Glas kommt, 0,025 reflectirt. Nach Herschel reflectirt ein Metallspiegel 0,673 des auffallenden Lichtes. Lambert fand, daß die Menge des von Glas reflectirten Lichtes bei den Einfallswinkeln (von der Trennungsfläche der Mittel an gerechnet) 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, durch folgende Zahlen ausgedrückt werde: 0,483; 0,367; 0,279; 0,210; 0,165; 0,136; 0,115; 0,98. Schwarzer Marmor reflectirt bei 3° 35′, 15°, 30°, 80°, folgende Lichtmengen: 0,6; 0,156; 0,051; 0,023.

Nach dem Vorhergehenden kann man sich eine deutlichere Vorstellung von der Absorption des Lichtes machen. Bei jedem Uebergange eines Lichtstrahles aus einem Mittel in ein anderes findet Zurückwerfung und Zerstreuung statt, diese wird eintreten, sowohl wenn der Lichtstrahl in ein Mittel eintritt, als wenn er dasselbe wieder verläßt. Es ist aber auch kein Körper in seinem Innern so völlig gleichmäßig, daß nicht (beim Durchgehen des Lichtes durch ihn,) in ihm eine Menge Uebergänge aus einem Mittel in ein anderes stattfänden. Das Brechungsvermögen des Körpers ändert sich in seinen (mechanischen) Bestandtheilen, und so ist das endlich aus dem Körper wieder heraustretende Licht durch alle die Uebergänge von einem Mittel in ein anderes, die es im Körper selbst erfahren, und die damit verbundenen Zurückwerfungen bedeutend geschwächt. Mangel an Continuität (ununterbrochenem Zusammenhange), Bläschen, ungleiche Dichtigkeit der Masse sind es, welche im Innern eines Körpers selbst Zurückwerfungen und dadurch Schwächung des endlich ausfahrenden Lichtes zur Folge haben. Folgender Versuch bestätigt den angegebenen Hergang. Man leite einen intensiven Lichtstrahl AB (Fig. 153.) in ein verfinstertes Zimmer und lasse ihn recht schief auf ein ziemlich langes und dickes, reines Glasprisma fallen. Man sieht den reflectirten Strahl im Innern des Prisma deutlich den Weg BFCGDHEI nehmen, zugleich aber gebrochene Theile davon in C, D, E, F, G, H, I in die Luft austreten. Der Glaskörper erscheint in allen Punkten seines Innern sichtbar, zum Beweise, daß auch fast an jeder Stelle eine Zerstreuung des Lichtes eintrete und sich der an den äußeren Grenzen bemerkbare Vorgang im Innern unzähligemal wiederhole. Nothwendig haben daher der von einem Körper reflectirte Strahl und der durch ihn hindurchgegangene zusammen noch nicht die Intensität, welche der Strahl hatte ehe er auf den Körper traf. Der Begriff der Durchsichtigkeit und Undurchsichtigkeit bestimmt sich nun näher nach der größeren oder geringeren Anzahl von

Veränderungen der durch die Brechung dem Lichte ertheilten Richtung, welche ein durch einen Körper hindurchgehender Strahl erleidet. Eben so hängt die Durchsichtigkeit eines Körpers auch ab von dem Verhältnisse, in welchem sein Brechungsvermögen gegen das desjenigen Körpers steht, durch welchen der Lichtstrahl seinen Weg zu ihm genommen hat. S. d. Art. Durchsichtigkeit. Man hat sich große Mühe gegeben ein Mittel aufzufinden, das Licht hinsichtlich seiner Intensität genau zu messen. Es ist aber bekannt (s. d. Art. Gesicht), daß auf das Auge, weder der vielen verschiedenen Menschen noch eines und desselben, unter allen Umständen dasselbe Licht denselben Eindruck macht. Aus dem Finstern kommend erscheint uns auch ein schwaches Licht hell, u. s. f. Unser Auge ist daher ein schlechter Maßstab für das Licht und nur in Bezug auf Gleichheit der Lichtstärke beim Anblicke zweier zugleich leuchtenden Körper, scheint seine Entscheidung zuverlässig zu sein. Ueberall wo es daher darauf ankommt die verschiedene Lichtstärke zweier ungleich stark leuchtender Körper zu bestimmen, wird es wesentlich darauf ankommen einen Gleichheitszustand der Lichtstärke beider Körper (welchen das Auge beurtheilen kann) herbeizuführen und dann nach der Operation, die man zu Herstellung dieser Gleichheit vornehmen mußte, die ursprüngliche Ungleichheit beider Lichtquellen zu bestimmen. Eine zweite sehr bedeutende Schwierigkeit bei der vergleichenden Messung des Lichtes ist die Farbenverschiedenheit, welche mehr oder weniger fast zwischen jeden zwei leuchtenden Körpern stattfindet und durch welche allein eine Ungleichheit der leuchtenden Körper erzeugt wird, die eine Messung fast unmöglich macht. Bei Messungen aller Art muß ein dem gemessenen gleichartiger Körper als Maß entgegenstehen, und dieses als Einheit angenommene Maß muß von bestimmter und genau bekannter gleichbleibender Größe sein. Es ist sehr schwierig ein Licht zu finden, welches als Maß für jedes andere dienen könnte, da es schwerlich ein gleichförmig fortdauerndes, stets dieselbe Intensität zeigendes Licht gibt. Die zum Vergleiche verschiedener Lichtstärken von verschiedenen Physikern ersonnenen Apparate werden Photometer (Lichtmesser) genannt.

Zu den ältesten Photometern gehört das von Bouguer angegebene. Zwei Röhren Fig. 154. ab und cd sind inwendig ganz schwarz gemacht, in deren jede bei a und c eine Glaslinse so befestigt ist, daß sie selbige gleichsam wie ein Deckel verschließt, am andern Ende bei b und d ist jede mit einem Deckel verschlossen, worin sich ein kreisrundes Loch von 3 — 4 Linien im Durchmesser befindet, das mit einem Stückchen von feinem weißem Papier oder matt geschliffenem Glase bedeckt ist. Jede von beiden Röhren kann man alsdann gegen ein eignes leuchtendes Object richten, damit das deutliche Bild davon auf das weiße Papier oder das matte Glas bei b und d falle. Am besten wird also eine jede von beiden Röhren aus zwei in einander geschobenen Stücken zusammengesetzt, damit man sie verlängern und verkürzen kann, um jedesmal ein Paar deutliche Bilder zu haben. Durch Bedeckung eines Theiles der Oeffnung des einen dem Object zugekehrten Glases kann man es ferner dahin bringen, daß beide Bilder gleich hell erscheinen. Setzt

man alsdann die Entfernung des Bildes von dem ersten Glase = p, die des andern Glases = q, die halbe Breite des ersten Glases = m, und die andere = n, und den Glanz beider Objecte S, s, so findet man auf solche Art das Verhältniß des Glanzes beider Objecte $S : s = \frac{m^2}{p^2} : \frac{n^2}{q^2}$. Die Linsen, welche die beiden Röhren enthalten, wählt man so viel wie möglich so, daß sie einander gleich und ähnlich sind, welche folglich gleiche Brennweiten besitzen. Bei weit entlegenen Objecten ist beinahe $p^2 = q^2$, und daher $S : s = m^2 : n^2$. Dieser Lichtmesser wird noch einfacher, wenn man beide Röhren bei fg (Fig. 155.) vermittelst eines Gewindes zusammensetzt, damit man jede davon gegen ein beliebiges Object richten kann; nur eine dieser Röhren ac wird so eingerichtet, daß man sie nach Gefallen länger als die andere machen kann. Bei c und d sind die runden mit weißem Papier oder mattem Glase bedeckten Löcher; die Glaslinsen bleiben weg, und statt derselben sind in der Mitte der Deckel bei a und b kreisförmige Oeffnungen von gleicher Größe, etwa von einem Zoll im Durchmesser. Man richte die Röhre db gerade gegen dasjenige Object, welches den schwächsten Glanz hat, und ca gegen dasjenige, welches am stärksten glänzt. Wenn alsdann, wie hier angenommen werden muß, beide Objecte eine so große scheinbare Ausdehnung haben, daß das Auge aus den Stellen c und d keines von beiden durch die Oeffnungen a und b übersehen könnte, so wird c stärker als d erleuchtet sein, wenn beide Röhren gleich lang sind. Um also die Erleuchtung in c zu vermindern, verlängere man die Röhre ca, bis c und d wird gleich hell werden; alsdann ist das Verhältniß des Glanzes beider Objecte einerlei mit dem Verhältnisse der Quadrate der Längen beider Röhren.

Ein anderes Photometer ist von Rumford erfunden worden. In einem hölzernen Gehäuse Fig. 156. abcd, das $7\frac{1}{4}$ Zoll breit, $10\frac{1}{2}$ Zoll lang und $3\frac{1}{4}$ Zoll in Lichten hoch ist, ist die innere Fläche allenthalben schwarz angestrichen, außer auf der hintern Wand. An dieser hintern Wand befindet sich in einer Falze eine geschliffene Glasscheibe, auf welcher weißes Papier aufgeklebt ist, welches Rumford das Feld nennt. Die Glasscheibe ist $5\frac{1}{2}$ Zoll breit, und eben so hoch wie das Gehäuse; das Feld des Instrumentes aber behält seine gehörige Breite durch einen Schirm von schwarzer Pappe, welcher vor die vordere Fläche des überzogenen Glases unmittelbar gestellt wird, und worin ein kreisförmiges Loch g von $1\frac{6}{10}$ Zoll im Durchmesser geschnitten ist. Uebrigens muß dieser Schirm weit genug sein, um die ganze Fläche der Hinterwand des Gehäuses zu bedecken, und kann an seinem Standorte durch Falze in den Seitenwänden des Gehäuses fest gehalten werden, worin man ihn hinabschiebt. Der Boden des Gehäuses steht vermittelst einer Nuß auf einem Stativ; oben ist es mit einem in Angeln beweglichen Deckel verschlossen, damit es leicht geöffnet werden kann, um im nöthigen Falle die darin enthaltene Geräthschaft zu ändern. Die Vorderseite dieses Gehäuses ist auch verschlossen, an sie sind aber zwei horizontale Röhren dhik und lmnc befestigt, deren Axen unter einem Winkel von 60° so stehen, daß diese verlängerten Axen sich in

dem Mittelpunkte x des Feldes schneiden. Zwischen diesen beiden Röhren ist in der Mitte der Vorderwand des Gehäuses eine Oeffnung angebracht, durch welche man nach dem Felde siehet. Vor dem Felde $2\frac{2}{10}$ Zoll davon stehen auf dem Boden des Gehäuses zwei Cylinder p und q senkrecht in paralleler Lage mit der Hinterwand des Gehäuses, welche von ihrem Mittelpunkte der Grundfläche aus 3 Zoll von einander abstehen. Wenn die bei dem Versuche gebrauchten Lichter gehörig gestellt sind, so werfen diese beiden Cylinder vier Schatten auf das weiße Papier des Feldes; zwei davon sind genau in der Mitte dieses Feldes in Berührung, und auf diese allein muß Rücksicht genommen werden. Die beiden übrigen Schatten kann man leicht dadurch verschwinden machen, daß man das Feld schmal macht, da alsdann die Schatten auf die geschwärzte Fläche fallen, wo sie unsichtbar sind. Hat jeder Cylinder $\frac{4}{10}$ Zoll im Durchmesser und $2\frac{2}{10}$ Zoll in der Höhe, so ist die Breite des Gesichtsfeldes von $2\frac{7}{10}$ Zoll hinreichend; überdieß muß die Höhe des Gesichtsfeldes nicht über $\frac{3}{10}$ Zoll mehr als die Höhe des Cylinders betragen, weil sonst das Licht wegen der zu starken Blendung nachtheilig sein würde. Um nun die Lichter leicht und genau stellen zu können, ist durch die Mitte des Feldes von oben nach dem Boden zu eine feine schwarze Linie gezogen, und eine andere horizontale, welche jene unter einem rechten Winkel schneidet, in der Höhe der erweiterten obern Grundflächen der Cylinder. Berühren alsdann die obern Grenzen der Schatten die horizontale Linie, so stehen die Lichter in der gehörigen Höhe, und wenn sich ferner die beiden Schatten einander in der Mitte des Feldes berühren, so stehen die Lichter in der gehörigen Richtung.

Die beiden Cylinder sind um ihre Axe beweglich, und jeder ist noch mit einem Flügel r und s von $\frac{11}{20}$ Zoll Breite und $\frac{1}{10}$ Zoll Dicke, und von gleicher Höhe als die Cylinder sind, versehen, und daran genau befestigt, um dadurch die Schatten in jedem Falle auf einerlei Durchmesser zu bringen, weil sich alsdann leichter beurtheilen läßt, ob die Schatten von gleicher Dichtigkeit sind. Gewöhnlich steht dieser Flügel in der Mitte des Schattens des Cylinders, in welcher Lage er ganz unwirksam ist; ist es aber nöthig, den einen Durchmesser des Schattens zu vergrößern, so wird der dazu gehörige Cylinder so lange um seine Axe gedreht, bis der Flügel aus der Axe des Schattens tritt, und dadurch den Schatten zur nöthigen Breite bringt. Hierbei muß immer der Cylinder auswärts gedreht werden, oder so, daß die Zunahme der Breite des Schattens an der äußern Seite desselben stattfindet, nicht an der innern, wo beide Schatten an einander grenzen. Durch Hülfe dieser Flügel können die Größen der Schatten so zunehmen, daß sie das ganze Feld bedecken. Uebrigens müssen diese Cylinder beständig genau perpendikular auf den Boden des Gehäuses stehen, und mit einer ganz schwarzen Farbe überzogen sein.

Um die Lichter mit größerer Genauigkeit und Leichtigkeit dem Photometer nähern oder mehr davon entfernen zu können, sind mit dem Gestelle, welches das Photometer trägt, zwei lange und schmale, aber starke und feste Tische A und B fest verbunden, in deren Mitte ein

gerader Falz läuft, worin ein beweglicher Schieber C, auf welchem das Licht gestellt wird, durch Hülfe einer Schnur gezogen wird. Diese Schnur ist hinten und vorne an dem Schieber befestigt, geht an jedem Ende des Tisches über Rollen und unten um einen Cylinder, welcher mit einer Kurbel versehen ist und dem Ende des Tisches beim Photometer so nahe steht, daß ihn der Beobachter drehen kann, ohne das Auge vom Gesichtsfelde abzuwenden. Diese Einrichtung gewährt folgende Vortheile: 1) kann der Beobachter die Lichter bewegen, wie er es nöthig findet, ohne dazu einen Gehülfen zu gebrauchen, und ohne selbst das Auge von dem Schatten abzuwenden; 2) ist jedes Licht stets genau in der Richtungslinie, in welcher es sein muß, damit die Schatten in der Verticalebene des Photometers in Berührung kommen, und 3) kann die Bewegung der Lichter allgemach und sanft geschehen, ohne auf sie selbst Einfluß zu haben, oder ihren Glanz zu vermehren und zu vermindern.

Diese Tische, welche 10 Zoll breit und 35 Zoll hoch sind, und von denen der eine 12 Fuß und der andere 20 Fuß lang ist, werden unter einem Winkel von 60 Grad gegen einander, und so gegen das Photometer gestellt, daß Linien längst ihrer Mitte gezogen und gehörig verlängert genau in einem Punkte in der Mitte der Verticalebene oder des Feldes der Photometers zusammenstoßen; von diesem Punkte an werden die Entfernungen der Lichter gemessen. Die Seitenwände der Tische sind in Zolle getheilt, und ein Vernier, welcher Zehntelzolle zeigt, ist an jedem Schieber, von welchem die Lichter getragen werden, angebracht.

Auf den Schiebern lassen sich die Lichter höher und niedriger stellen, um sie beständig in einerlei Horizontalebene mit den obern Grundflächen der Cylinder des Photometers zu haben. Damit die Bewegung dieser Schieber auf dem Tische so sanft als möglich sei, gleiten sie auf parallelen Messingdrähten, die 9 Zoll von einander stehen, $\frac{1}{10}$ Zoll etwa im Durchmesser haben, wohl polirt und auf dem Tische von einem Ende zum andern befestigt sind.

R u m f o r d gibt folgende aus der Erfahrung genommenen Vorsichtsregeln beim Gebrauche seines Photometers an. 1) Wenn das schwächere Licht von zwei Lampen, deren Intensität verglichen werden soll, fast so stark ist, als das einer gemeinen Wachskerze, so ist es am vortheilhaftesten, dasselbe 30 bis 36 Zoll vom Mittelpunkte des Feldes entfernt zu stellen, und so verhältnißmäßig näher oder ferner, je nachdem es schwächer oder stärker ist. Denn sind die Lichter zu nahe, so sind die Schatten nicht gut begrenzt, und wenn jene zu fern sind, so sind diese zu schwach; 2) ist es zur Erleichterung der Rechnung vortheilhaft, ein Licht von einem gewissen Grade der Stärke als ein Maß anzunehmen, womit alle andern verglichen werden können. Hierzu hat R u m f o r d eine argandische Lampe gewählt, welche eine beträchtliche Zeit lang das Licht weit gleichförmiger ausströmt, als irgend eine andere Lampe und noch mehr als irgend eine Kerze. Diese stellt er auf das bewegliche Gestell des Photometers vom Mittelpunkte des Feldes auf 100 Zoll ab, nimmt alsdann ein cylindrisches Wachslicht von bekann-

tem Gewicht und Stärke, welches angezündet, geputzt und dahin gebracht ist, daß es mit dem größtmöglichen Grade von Helligkeit brennt, stellt es jener in einer gewissen gegebenen Entfernung (33 Zoll) gegenüber und zieht hiernächst den Docht der Lampe mehr hinein oder heraus, je nachdem es nöthig ist, bis die correspondirenden Schatten der Lampe und der Kerze genau von einerlei Dichtigkeit sind. Alsdann wird die Wachskerze zum fernern Gebrauche aufgehoben. Diese beiden Lichter, nämlich die Argandsche Lampe und Wachskerze, nennt Rumford Probelichter.

Mittelst des eben beschriebenen Apparates hat Rumford eine große Anzahl von Versuchen angestellt, welche sogleich näher erwähnt werden sollen. Nachher hat derselbe ein noch einfacheres Photometer angegeben.

In der Mitte der obern Fläche eines hölzernen aus Bretern zusammengesetzten Würfels von 8 Zoll Seite, der mit schwarzem Papier überzogen ist, befindet sich ein schwaches senkrecht stehendes Bret von 4 Zoll Breite, 6 Zoll Höhe und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke, welches auf einer Seite mit weißem Papiere überklebt ist. Auf dieser weißen Fläche ist in der Mitte mit Dinte und Feder eine schmale schwarze Linie von oben heruntergezogen, welche diese Fläche halbirt. Vor dieser weißen Fläche stehen in der Entfernung von 4,2 Zoll zwei kleine, schwarz angestrichene hölzerne Stäbe von 4 Zoll Höhe und $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Diese kleinen cylindrischen Stäbe sind 3,2 Zoll von einander entfernt und stehen in zwei Löchern fest, welche für sie in der obern Fläche des Würfels gebohrt sind. Sie sind gleich weit, nämlich 3 engl. Zoll von der schwarzen Verticallinie entfernt, welche die Mitte der weißen Fläche des Photometers angibt. Die Anwendung dieses kleinen photometrischen Werkzeugs geschieht folgendermaßen: Nachdem man in einem finstern Zimmer drei kleine Tische 7 bis 8 Fuß von einander so gestellt hat, daß sie die drei Scheitelpunkte eines gleichseitigen Dreiecks einnehmen, werden das Photometer auf den einen Tisch und die beiden Lampen auf die beiden andern Tische gestellt und man sorgt dafür, daß die Flammen der Lampen und die Mitte der weißen Fläche des Photometers sich in einerlei Höhe oder in einer horizontalen Ebene befinden. Der Beobachter setzt sich vor das Photometer, den Rücken gegen die Lampen gekehrt und richtet das Instrument gegen die beiden Lampen so, daß die Strahlen ihrer Flammen auf die weiße Fläche unter gleichen Einfallswinkeln auffallen und daß die zwei innern, von den beiden Stäben gebildeten Schatten sich bei der schwarzen Vertikallinie in der Mitte der Fläche berühren, ohne sich mit einander zu vermischen. Die beiden äußern Schatten fallen außer der Fläche des Photometers und werden also nicht gesehen. Statt der Tische, auf welchen die beiden Lampen stehen, gebrauchte Rumford zwei 12 Fuß lange, mit dem Photometer verbundene Lineale, auf welchen er den Scalen zuletzt eine solche Einrichtung gab, daß er von ihnen unmittelbar und ohne Rechnung die relativen Intensitäten der beiden Lichter ablesen konnte. Sie wurden nämlich in gleiche Theile getheilt; der erste Theilstrich steht 10 Zoll weit von der Mitte des Feldes ab, auf welches sich die Schat-

ten projiciren, wenn der Apparat zum Versuche fertig ist, und wird mit 10 bezeichnet. Bei den übrigen Theilstrichen dieser Lichtscale kommen Zahlen zu stehen, welche sich wie die Quadrate des Abstandes des Theilstrichs von jener Mitte verhalten. Nur das eine Licht wird so lange verschoben, bis es mit dem andern unverrückten die Dichtigkeiten der beiden Schatten vollkommen gleich macht. Ist das letztere der Fall, so geben die Zahlen an der Lichtscale das Verhältniß der Lichtmengen an, welches die Lichtflammen aussenden.

Besondere Erwähnung verdient das von Ritchie angegebene Photometer. Es besteht aus einem Kasten (Fig. 157.) der auf beiden Seiten offen und inwendig geschwärzt ist, und in dem sich zwei platte, auf einander rechtwinklich stehende und gegen die obere Wand des Kastens in einem Winkel von 45° geneigte ebene Papierflächen a und b befinden, welchen gegenüber eine Oeffnung EG angebracht ist. Bei dem Gebrauche stellt man jeden der zwei zu vergleichenden leuchtenden Körper einer der zwei Papierflächen im Kasten gegenüber, so daß letztere durch erstere Licht erhalten und ändert diese Entfernung so lange ab, bis beide Lichtquellen den beiden Papierflächen eine gleiche Beleuchtung zu Theil werden lassen; in diesem Falle muß sich der Glanz der Lichtquellen wie die Quadrate ihrer Entfernungen von den beleuchteten Flächen verhalten. Mittelst dieses Instrumentes kann man besonders dann eine große Genauigkeit erreichen, wenn man zur genauen Bestimmung der gleichen Erleuchtung der zwei Papierflächen an der Oeffnung EG eine Converlinse anbringt und durch sie auf jene Fläche hinsieht.

Potter gibt folgende Einrichtung an.

Ein horizontaler Tisch ist durch eine verticale, der Länge nach senkrecht auf der Tischplatte stehende, undurchsichtige Papierplatte in zwei Theile getheilt, und an einem Ende des Tisches steht, senkrecht sowohl auf dem Tische als auf der verticalen Platte, eine andere undurchsichtige Wand, die aber in der Mitte ein viereckiges, $2\frac{1}{2}$ Zoll hohes, 4 Zoll langes Loch hat, das mit feinem Papier überdeckt ist. Stellt man in jede der zwei Abtheilungen des Tisches eine Kerzenflamme, so beleuchtet jede eine Hälfte des Papieres auf der viereckigen Oeffnung, und man sieht hinter dem Papiere diese beiden Hälften durch den Schatten der Scheidewand von einander getrennt, kann aber leicht durch Annähern und Entfernen der einen oder andern Lichtquelle die Beleuchtung beider Hälften auf gleiche scheinbare Stärke bringen; worauf sich die Lichtstärken wie die Quadrate der Entfernung der betreffenden Flammen von der Oeffnung verhalten werden.

Wollaston hat eine von der vorigen abweichende Vorrichtung zu photometrischen Beobachtungen angewendet. Will man z. B. das Licht einer Kerze mit dem Lichte der Sonne vergleichen, so lasse man nach Wollaston das Licht der Sonne auf eine mit Quecksilber gefüllte Thermometerkugel fallen und sehe nach dem durch Reflection entstandenen Bilde durch ein Fernrohr mit einem Auge, nach der Flamme der Kerze dagegen durch eine Converlinse mit dem andern Auge, ändere endlich die Entfernungen so lange ab, bis beide Bilder gleich hell erscheinen und berechne dann aus dem Halbmesser der Kugel und den

obwaltenden Entfernungen das Verhältniß der Lichtstärke. Wallaston hatte namentlich den Zweck, den Glanz eines Sternes mit dem der Sonne zu vergleichen. Er suchte also bei Tage den Eindruck des Bildes der Lichtflamme dem des Sonnenbildes gleich zu machen und verglich dann am Abend die Lichtflamme mit dem direct gesehenen Sterne. Die Berechnung ist in folgender Weise anzustellen. Befindet sich die Kugel vom Durchmesser $= B$ in der Entfernung $= D$ vom Auge, so drückt $\frac{\frac{1}{4} B}{D}$ verhältnißmäßig den scheinbaren Durchmesser des Sonnenbildes aus und der gesammte Eindruck des reflectirten Lichtes ist der Größe $\left(\frac{B}{4 D}\right)^2$ proportional, wenn man den scheinbaren Durchmesser der Sonne immer als gleich annimmt. Bringt man nun die Lichtflamme in verschiedene Entfernungen $= d$, bedient sich aber immer derselben Kugel und läßt das Auge dieselbe Stellung einnehmen, so verhält sich der gesammte Glanz des Bildes der Flamme wie $\frac{1}{d^2}$. Gesetzt also das Sonnenbild sei gleich dem Bilde der in der Entfernung $= d$ aufgestellten Flamme, der Stern gleich dem Bilde der in der Entfernung $= d,$ aufgestellten Flamme, so ist das Licht des Sternes $=$ $\frac{B^2 \; d^2}{16 \; D^2 \, d,^2}$ wenn das Licht der Sonne $= 1$ ist. Nach einigen Versuchen nahm Wollaston an, das Licht des Sirius gleiche einem Sonnenbilde in einer Kugel von 0,1 Zoll Durchmesser gespiegelt und in 210 Fuß Entfernung gesehn; dieß würde das Licht des Sirius $=$ $\frac{0{,}01}{16 \cdot 2520^2} = \frac{1}{10160000000}$ (weil 210 Fuß $=$ 2520 Zoll sind) geben, oder wenn man annimmt, daß nur die Hälfte des Lichtes reflectirt wird, so ist das Licht des Sirius so schwach, daß 20000 Millionen Sterne wie Sirius erst die Sonne ersetzen würden. Die Sonne würde zu einer 140000 maligen Entfernung hinaus rücken müssen, um so lichtschwach zu erscheinen. Andere Resultate der Wollaston'schen Beobachtungen sind, daß das Sonnenlicht so stark sei, wie das von 5563 Kerzenflammen, welches aus 1 Fuß Entfernung ins Auge gelangt. Das Licht der Vega ist nur $\frac{1}{9}$ so stark als das des Sirius. Das Mondlicht hat $\frac{1}{144}$ der Stärke des Kerzenlichtes in 12 Fuß Entfernung oder $\frac{1}{801072}$ des Sonnenlichtes.

Leslie hat sein Differentialbarometer (s. d. Art.) in der Fig. 158. abgebildeten Gestalt, wie als Hygrometer, auch als Photometer angewendet. Es ist wie gewöhnlich verfertigt, nur muß die obere Kugel aus schwarzem Glase geblasen oder schwarz gefärbt werden und die andere ganz durchscheinend und frei von Flecken und Bläschen sein. Die erstere verschluckt das auf sie fallende Licht, während die letztere es ungehindert durchgehen läßt. Das Licht aber bringt nach dem Verhältnisse seiner Absorption Wärme hervor. Obgleich die schwarze Kugel beständig neue Wärme zugeführt erhält, so wird doch ihre Temperatur nicht gleichförmig und beständig erhöht werden, weil endlich die

umgebende Luft die Wärme genau in dem Maße fortleitet, wie sie sich anhäuft. Daher wird das Fallen der Flüssigkeit in der Röhre den momentanen Zufluß des Lichtes messen. Um die unregelmäßigen Einwirkungen der Winde, die das Zerstreuen der Wärme beschleunigen könnten, zu hindern, wird das Instrument in ein cylindrisches, wohl abgerundetes, recht helles hermetisch geschlossenes Glasgehäuse eingeschlossen, welches zugleich den Nutzen hat, durch Hemmung der Circulation in der umgebenden Luft die Wirkung des Instruments zu verdoppeln. Die Weite dieses Glascylinders ist ziemlich gleichgültig, nur muß er um die Kugeln herum, wenigstens $\frac{1}{10}$ Zoll und oberhalb wenigstens $\frac{1}{2}$ Zoll vom Photometer abstehen. Die Größe und Gestalt desselben sind von so wenig Einfluß, daß er in einem Recipienten von 2200 Zoll kaum um $\frac{1}{10}$ weniger Wärme, als in einem Recipienten von der vorhin angegebenen Größe erhielt.

Lampadius mißt die Lichtstärke nach der Dicke der Körper, welche das zu prüfende Licht nicht mehr in einer vom Auge bemerkbaren Quantität hindurchlassen. Sein Photometer besteht in einem Cylinder von Pappe oder Holz, zwei Zoll im Durchmesser und von einem Schuh Länge. In diesem bewegt sich, wie in Perspektiven, ein zweiter Cylinder auf und nieder. Das äußere vom Auge entferntere Ende des innern Cylinders ist mit einer weißen Glasscheibe belegt. Auf diese werden, wenn man das Licht der Sonne oder Licht eines chemischen Processes beobachten will, Scheiben von mäßig getrübtem Beinglase oder von Horn, welches zu Nachtlaternen gebraucht wird, gelegt, und das in einem schwachen Grade durchscheinend ist, bis das Licht bis auf den letzten Schimmer gedeckt ist. Je mehre solche Scheiben zur völligen Deckung des Lichtes gebraucht werden, um so stärker ist der Grad des Lichtes, wobei die Zahl der Grade durch die Zahl der zur Deckung gebrauchten Scheiben angegeben wird. Bei dieser ersten Einrichtung des Werkzeuges war noch die genaue Bestimmung der Grade der Lichtmessung etwas schwankend. Um also dieß Photometer correspondirend mit andern seines gleichen zu machen, gab Lampadius demselben folgende Einrichtung: Er richtete 8 bis 10 weiße mit Sauerstoffgas gefüllte Glasflaschen ein und verbrannte nach und nach in jeder Flasche Sauerstoffgas einige Gran Phosphor. Diese Verbrennung geschah jedesmal auf einem genau bezeichneten Platze des Experimentirtisches. In der Entfernung von zwei Fuß wurde nun das Photometer aufgestellt und so lange Beinglas- oder Horn-Scheiben eingelegt, bis das Licht des im Sauerstoffgas brennenden Phosphors nicht mehr erkannt wurde. Die hier gebrauchten Scheiben wurden nun nicht mehr gezählt, sondern durch ein Meß-Instrument wurde die Länge des aus Scheiben zusammengesetzten Cylinders genau gemessen und in 100 Grade abgetheilt, so daß also 100 der höchste Lichtpunkt ist und die Finsterniß am Nullpunkt für dieses Instrument abgibt. Für diese letztere Einrichtung war es also nicht mehr nöthig Scheiben von gleicher Dicke zu nehmen, auch kann der eine zu seinem Werkzeuge etwas dunkeleres, ein anderer etwas lichteres Horn, oder Beinglas u. dgl. wählen, wenn nur sämmtliche Scheiben von einerlei durchschimmernder Masse sind, und der äu-

ßerste Lichtpunkt nach dem Verbrennen des Phosphors genommen und nun der Zwischenraum in 100 gleiche Theile getheilt wird. Gebrauchte Lampadius Scheiben von Beinglas, so legte er jedesmal 10 solcher Scheiben zusammen, und verband sie an den Außenseiten mit schwarzem Siegellack. Dadurch wurden kleine Cylinder von Beinglas mit einem schwarzen Ueberzeuge an der langen Außenseite gebildet, wodurch auch zugleich der Vortheil entstand, daß durch die Außenseite der Cylinder auch nicht das geringste von fremdem Lichte eindringen konnte. Neben diesen Cylinderstücken ließ er nun noch zur Angabe der einzelnen zwischen die zehnscheibigen Cylinder fallenden Grade 25 Scheiben von der Dünne, daß der aus ihnen zusammengesetzte Cylinder dieselbe Länge als einer von 10 Scheiben hatte, unverbunden. Nun bestimmte er den höchsten Lichtpunkt ebenfalls durch Verbrennung des Phosphors in weißen mit Sauerstoffgas gefüllten Flaschen. Zur Deckung des Phosphorlichtes gebrauchte er 3 Cylinder und 24 einzelne Scheiben, worauf die Länge des ganzen Cylinders in 100 gleiche Theile getheilt wurde. Die Beobachtungen, welche Lampadius mit dem Beinglas=Photometer und dem Horn=Photometer zu gleicher Zeit anstellte, zeigten, daß beide Instrumente sehr correspondirend waren.

Zu den einfachsten photometrischen Apparaten gehört derjenige, dessen sich der Graf de Maistre bedient, um die Helligkeit der Himmelskörper mit einander zu vergleichen. Fig. 159. ist derselbe abgebildet. Es besteht aus zwei Prismen, einem von weißem, und einem, das in der Figur schattirt ist, von blauem Glase. Die Basis ihres Querschnittes, ca beim weißen, mißt etwa 8 Linien in Dicke und ihr scharfer Winkel, d beim weißen und c beim blauen, beträgt ungefähr 11 Grad. Sie sind so aufeinander gelegt, daß sie ein Parallelepipedum bilden, damit man beim Hindurchsehen die Gegenstände (nicht durch die Brechung verrückt) an ihrer wahren Stelle erblicke. Beim Gebrauche bringt man den dünnsten Theil bd des weißen Prisma's vor das Objectiv eines Fernrohres und verschiebt das blaue Prisma so lange, bis man eine Dicke findet, durch welche das Bild des hellsten der zu vergleichenden Körper dem des minder hellen und direct betrachteten gleich wird. Eine Scale nebst Mikrometerbewegung gibt den Punkt, wo diese Gleichheit stattfindet. Der Uebelstand bei diesem Instrumente ist nur, daß es unmöglich ist unter allen Umständen ein Glas von gleicher Stärke und Nuance der Färbung zu erhalten. Daher wird man nicht correspondirende Instrumente der Art herzustellen vermögen.

In Folge einer Preisaufgabe der Göttinger Akademie hat in neuster Zeit Steinheil einen photometrischen Apparat angegeben, den er Prismenphotometer nennt, über welches folgender Bericht erstattet worden. Der Grundgedanke für dieses Instrument ist die bekannte Erfahrung, daß ein Stern, welcher dem unbewaffneten Auge, oder in einem zum deutlichen Sehen gestellten Fernrohr wie ein untheilbarer leuchtender Punkt erscheint, sich in ein kreisförmiges Bild ausbreitet, wenn man dem Oculare eine andere Stellung gibt als das deutliche Sehen erfordert. Dieses Bild ist desto größer, aber eben deshalb in seinen Theilen desto lichtschwächer, je weiter das Ocular von seiner Normal-

stellung absteht. Für ungleich helle Sterne muß man daher das Ocular in ungleiche Entfernung von der Normalstellung bringen, um die Bilder in gleicher Flächenhelligkeit erscheinen zu lassen. Es läßt sich so die Lichtstärke zweier Sterne schon einigermaßen vergleichen, wenn man undeutliche Bilder von ihnen nach einander beobachtet, ihre Flächenhelligkeit, soviel der Gedächtnißeindruck verstattet, gleich macht und die entsprechenden Ocularstellungen abmißt. Natürlich erwartet man von einem so rohen Verfahren wenig Genauigkeit, und findet sich daher überrascht, daß die von dem Verfasser angeführten Versuche eine doch viel größere Uebereinstimmung darbieten, als man hätte erwarten mögen; dieß erweckt schon ein günstiges Vorurtheil für den von dem Verfasser kunstreich angeordneten Apparat, womit man derartige Bilder zweier Sterne zugleich sehen und zu gleicher Flächenhelligkeit bringen kann. — Das Objectiv ist in zwei gleiche Hälften zertheilt, die sich nicht neben einander, wie am Heliometer, sondern längs ihrer gemeinschaftlichen Axe, jede für sich, verschieben lassen. Die Mitte der Verschiebungen, die durch Scalen an der Außenseite des Rohrs scharf gemessen werden, entspricht, wenn die Ocularröhre ganz eingeschoben ist, ungefähr derjenigen Stellung gegen letzteres, die zum deutlichen Sehen erfordert wird. Die beiden Objectivhälften erhalten ihr Licht durch Spiegel, deren reflectirende Flächen 45° gegen die Axe des Rohrs geneigt sind, und von denen der eine (vom Objectiv weiter abstehende) um diese Axe meßbar gedreht werden kann. Diese Axe ist also beim Beobachten zweier Sterne immer gegen den einen Pol des sie verbindenden größten Kreises zu richten. Die Spiegel selbst sind Glasprismen, in welche das Licht senkrecht einfällt, und senkrecht aus ihnen austritt. Zwischen den Objectivhälften und den zu ihnen gehörenden Prismenspiegeln sind Diaphragmen angebracht, die durch zwei Schieberpaare gebildet werden; jedes Schieberpaar wird durch Eine Schraube mit entgegengesetzt geschnittenen Gewinden so bewegt, daß die Mitte der Hypothenuse des zu einem größeren oder kleineren rechtwinkligen Dreiecke sich bildenden Diaphragma unverrückt bleibt. Vermöge dieser Einrichtung sieht man bei gehöriger Stellung des Rohrs und der Spiegel zwei Sterne zugleich, und zwar jeden wie eine rechtwinklige Dreiecksfläche, wenn die Objectivhälften von der Normallage zum Ocular abweichen; von dieser Abweichung hängt sowohl die scheinbare Größe des Dreiecks als dessen Flächenhelligkeit ab, aber jene zugleich mit von der Diaphragmenöffnung, diese von der eigenthümlichen Helligkeit jenes Sterns; man kann daher durch Aenderung der einen Abweichung die Flächenhelligkeiten beider Bilder, und wenn man will, durch Abänderung einer Diaphragmenöffnung, auch ihrer Größe zur Gleichheit bringen. Daß so das Verhältniß der Lichtstärke zweier Sterne gefunden und dabei auch etwaige Ungleichheiten in den Objectivhälften mit Prismenspiegeln durch umgekehrte Combination eliminirt werden können, bedarf nun keiner weitern Ausführung. Der Verfasser hat seinen Apparat einer strengen Prüfung unterzogen, aber geflissentlich nicht an Sternen, sondern an künstlich hervorgebrachten sternähnlich leuchtenden Punkten. Diese künstlichen Sterne erhielt er durch den Reflex des Tageslichts von zwei nahe glei-

chen gut polirten Stahlkugeln, etwa $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser. Das Tageslicht, für beide Kugeln von einerlei Stelle des Himmelsgrundes herrührend gelangte zu den Kugeln durch kreisrunde Blendungen von verschiedener Weite, und es war Sorge getragen, daß kein fremdes Licht weder die Kugeln, noch das Auge des Beobachters treffen konnte. Es wurden überhaupt vier Blendungen gebraucht, die engste 7, die weiteste 20 Linien im Durchmesser; durch die sechs verschiedenen Combinationen konnte man also künstliche Sterne von sechs verschiedenen Lichtverhältnissen erhalten; die größte Ungleichheit, wie 1 zu 8, entspricht, nach des Verfassers eigenen Untersuchungen, nahe dem Mittelverhältnisse zweier Sterne, die um zwei Ordnungen von einander abstehen. Diese künstlichen Sterne erscheinen wirklich ganz ähnlich, aber ohne den Wechsel und das Wallen, wodurch die Beobachtungen wirklicher Sterne oft so unsicher werden; überdieß hatten sie den höchst wichtigen Vorzug, daß ihr Helligkeitsverhältniß aus den Blendungsöffnungen ohnedieß bekannt war.

Die ältesten sehr gründlichen Untersuchungen über Photometrie sind von Lambert angestellt worden. Lambert entnahm wie Bouguer und Ritchie die Lichtstärke zweier leuchtender und beleuchteter Körper aus der Stärke der Beleuchtung, die dadurch einer leuchtenden Fläche zu Theil wird. Die mittlere Helligkeit des Mondes bei seinen verschiedenen Phasen gibt Lambert folgendermaßen an;

Elongation*)	Helligkeit	Elongation	Helligkeit	Elongation	Helligkeit
0°	0,0000	70	0,3366	130	0,5747
10	0,0494	80	0,3814	140	0,6043
20	0,0986	90	0,4244	150	0,6294
30	0,1475	100	0,4657	160	0,6490
40	0,1959	110	0,5048	170	0,6619
50	0,2437	120	0,5413	180	0,6666
60	0,2907				

Als Einheit ist hierbei angenommen die Helligkeit des Vollmondes an der von den Sonnenstrahlen senkrecht getroffenen Stelle. Die mittlere Helligkeit der Planeten in der Opposition wird von Lambert folgendermaßen angegeben:

*) Elongation heißt die scheinbare Entfernung eines Planeten und des Mondes von der Sonne, oder der Winkel, welchen eine von dem Auge des Beobachters nach dem Monde oder Planeten gezogene Linie mit einer andern Linie macht, welche vom Auge des Beobachters nach der Sonne gedacht wird. Bei 0° ist folglich Neumond, bei 90° Viertel, bei 180° Vollmond.

Merkur	6,6735	Mars	0,4307
Venus	1,9113	Jupiter	0,0370
Erde	1,0000	Saturn	0,0110

Lambert hat ferner Rechnungen und Versuche angestellt über das Verhältniß des von Glastafeln zurückgeworfenen, gebrochenen und verlorenen Lichtes, welches senkrecht auf dieselben fällt. Nach der Anzahl der Gläser sind hiernach die verhältnißmäßigen Quantitäten folgende:*)

Gläser	Licht		
	Zurückwerfung	Gebrochenes	Verlorenes
1	0,0516	0,8111	0,1373
2	0,0856	0,6596	0,2548
3	0,1081	0,5368	0,3551
4	0,1228	0,4377	0,4495
8	0,1467	0,1945	0,6588
16	0,1524	0,0387	0,8089
32	0,1526	0,0016	0,8458

Ueber die Durchsichtigkeit*) verschiedener Körper oder genauer über die Schwächung des Lichts beim Durchgange durch verschiedene Mittel hat außer Bouguer und Lambert namentlich der Graf Rumford mit Hilfe seines oben beschriebenen Photometers interessante Versuche angestellt. Zunächst suchte er durch Versuche die Schwächung, welche das Licht in der Luft erleide, fand aber, daß in den Entfernungen, in welchen er mittelst einer gewöhnlichen kleinen Lampe und einer mit größtem Glanze leuchtenden Argandschen Lampe Versuche anstellen konnte, der Widerstand der Luft gegen das Licht unmerklich sei. Um den Verlust des Lichtes beim Durchgange durch Tafeln und Scheiben verschiedener Glasarten zu entdecken, gebrauchte er zwei gleiche Argandsche Lampen A und B, welche wohl geputzt waren und mit einem sehr lebhaften Glanze brannten; sie wurden einander gegenüber vor das Photometer gestellt, jede in der Entfernung von 100 Zoll vom Felde des Photometers, und das Licht von B wurde zu gleicher Intensität mit dem von A gebracht. Nachdem die Lampen mit einerlei Grad von Helligkeit brannten, wurde eine Scheibe feines, helles, gut polirtes

*) Die Quantität des einfallenden Lichtes = 1 gesetzt. Es muß folglich die Summe des zurückgeworfenen, gebrochenen und verlorenen Lichtes stets = 1 sein, z. B. bei 32 Gläsern 0,1526 + 0,0016 + 0,8458 = 1.

*) S. d. Art. Durchsichtigkeit.

Spiegelglas 6 Zoll ins Gevierte, vertical auf ein Gestell in einem Rahmen vor die Lampe B, und zwar etwa in einer Entfernung von 4 Fuß davon so gestellt, daß das Licht der Lampe senkrecht durch den Mittelpunkt der Scheibe gehen mußte, ehe es auf das Feld des Photometers fallen konnte. Hierdurch wurde das Licht der Lampe B bei seinem Durchgange durchs Glas vermindert und geschwächt. Um nun den Ertrag dieser Schwächung genau zu bestimmen, mußte er die Lampe B dem Photometerfelde näher bringen, bis ihr durch das Glas gehendes Licht mit dem directem Lichte der Lampe A im Gleichgewichte war; dieß geschah, wenn die Lampe B von 100 Zollen zur Entfernung von 90,2 Zoll vom Felde des Photometers gebracht war. Es wurde also das Licht bei seinem Durchgange durchs Glas in dem Verhältnisse $100^2 : 90,2^2$ oder 1 : 0,8136 geschwächt, so daß nicht mehr als 0,8136 Theile des Lichtes, welches auf die Glasfläche fiel, durch das Glas hindurchgingen, die andern 0,1864 Theile aber zerstreut oder verloren gingen. Er wiederholte diesen Versuch verschiedene Mal, und fand den Verlust des Lichtes bei seinem Durchgange durch diese Glastafel nach einem Mittel aller dieser Versuche 0,1973 Theile der ganzen darauf fallenden Lichtmenge. Bei einer andern Glastafel von derselben Glasart fand er den Lichtverlust im Mittel 0,1869; durch beide Glastafeln zusammen war der Lichtverlust nach einer Mittelzahl 0,3184. Bei einer andern Tafel von derselben Art, die aber etwas dünner war, betrug der mittlere Verlust 0,1813. Bei einer sehr dünnen reinen Tafel von hellem weißen Fensterglase war der Verlust nach der Mittelzahl 0,1263.

Ein neues Feld der Photometrie eröffnet sich in der Betrachtung und Vergleichung der farbigen Körper, indem die eigenthümliche Farbe der Körper von ihrer Eigenthümlichkeit herrührt, gewisse Farben aus dem auf sie fallenden, alle Farben in sich einenden Sonnenlichte zurückzuwerfen, andere durch sich hindurchzulassen oder mehr oder weniger zu absorbiren. Wenn es einen Körper gäbe, welcher alle Farbenstrahlen in demselben Verhältnisse zurückwürfe, in welchem sie im weißen Sonnenlichte geeinet auf ihn fallen, so würde man ihm absolute Weiße zuschreiben. Um nun die Körper hinsichtlich ihrer Weiße mit einander zu vergleichen, nimmt man die absolute Weise als Einheit an und bezeichnet die Weiße eines bestimmten Körpers durch einen Bruch, welcher den reflectirten Theil des auffallenden Lichtes ausdrückt. So z. B. sagt man, die Weiße eines Körpers sei $\frac{1}{8}$, wenn $\frac{1}{8}$ der auffallenden Strahlen zerstreut wird. Eben so wie das weiße Licht hier zum Maßstabe der Weiße gemacht wird, kann man auch das im weißen Lichte enthaltene rothe Licht zum Maßstabe der Röthe, das in demselben enthaltene blaue Licht zum Maßstabe der Bläue machen u. s. w., und die Röthe, Bläue u. s. w. eines Körpers durch eine Zahl ausdrücken, welche angibt, den wievielten Theil des im Weiß enthaltenen farbigen (rothen, blauen u. s. w.) Lichtes ein Gegenstand zurückwirft. S. hierüber d. Art. Farbe. S. 369 ff.

Wenn wir durch einen durchsichtigen Körper einen lichtentsendenden Gegenstand betrachten, so erscheint uns gewöhnlich derselbe einfach, es

gibt jedoch eine gewisse Anzahl von durchsichtigen Krystallen, welche den durch sie gesehenen Gegenstand doppelt zeigen. Beim Durchgange durch den durchsichtigen Körper wird das Licht gebrochen, und so müssen wir denjenigen Körpern, welche beim Hindurchsehen ein einfaches Bild des Gegenstandes zeigen, einfache Brechung, und denen, welche ein doppeltes Bild zeigen, doppelte Brechung zuschreiben. S. d. Art. In jedem der krystallinischen Körper gibt es eine oder zwei Richtungen, in denen beim Hindurchsehen nach ihnen der Krystall keine doppelte, sondern nur einfache Brechung zeigt. Jede solche gerade Linie heißt eine Are der doppelten Brechung, und die Ebene, welche auf einer Fläche des doppelt brechenden Krystalles senkrecht steht und die Brechungsare enthält, heißt dann Hauptschnitt. Stellt man nun zwei Doppelspathe so über einander, daß ihre Hauptschnitte mit einander parallel sind, so wird jener Theil eines einfallenden Lichtstrahls, welcher im ersten auf die gewöhnliche Art gebrochen wurde, auch im zweiten auf die gewöhnliche Weise gebrochen, und derjenige, welcher im ersten die ungewöhnliche Brechung erlitt, erleidet sie auch im zweiten. Man sieht daher durch beide Doppelspathe nur zwei Bilder des leuchtenden Gegenstandes. Stehen die Hauptschnitte beider Krystalle auf einander senkrecht, so erfährt jener Theil des einfallenden Strahles, der im ersten die ungewöhnliche Brechung erlitt, im zweiten die gewöhnliche und umgekehrt; man sieht daher wieder nur zwei Bilder. Bei jeder andern Lage der beiden Hauptschnitte gegen einander wird sowohl der im ersten Krystalle auf die gewöhnliche, als auch der auf die ungewöhnliche Art gebrochene Strahl im zweiten wieder in zwei Theile zerlegt; man sieht daher vier Bilder. Diese haben eine gleiche Intensität, wenn die beiden Hauptschnitte um 45° gegen einander geneigt sind; bei jeder andern Neigung der Hauptschnitte gegen einander ist ihre Intensität verschieden. Hieraus ersieht man, daß ein Lichtstrahl in einem Doppelspathe nebst der doppelten Brechung noch eine andere Modification erleide, die sich nicht auf seine Richtung, sondern auf seine Seiten bezieht; denn die durch doppelte Brechung von einander getrennten Strahlenbüschel haben offenbar nicht mehr ringsum dieselbe Eigenschaft, weil sie bald die gewöhnliche, bald die ungewöhnliche Brechung erleiden, je nachdem sie die eine oder die andere Seite dem Hauptschnitte zuwenden, auch liegen die mit derselben Eigenschaft begabten Seiten des ungewöhnlich und des gewöhnlich gebrochenen Strahles nicht nach derselben Gegend hin, sondern sind unter einem rechten Winkel gegen einander geneigt. Malus hat diese Eigenschaft der Lichtstrahlen zuerst entdeckt und sie die Polarisation des Lichtstrahles und einen damit behafteten Strahl einen polarisirten Strahl genannt. Nicht nur aber in dem angegebenen, sondern auch in anderen Fällen der Brechung sowohl als der Reflection findet Polarisation des Lichtes statt. S. d. Art. Polarisation des Lichtes.

So viele Beobachtungen nun auch schon über die verschiedenartigen Lichterscheinungen gemacht worden sind, so ist man doch noch nicht zu einer genügenden Entscheidung der Frage gekommen, welches eigentlich die Natur des Lichtes sei. Die Hauptfrage ist diese, ob das Licht ein

Digitized by Google

eigenthümlicher Stoff sei, welcher von den leuchtenden Körpern ausgeht und in unser Auge dringt, es berührt, so daß diese Affection unseres Auges das Sehen sei, oder ob das Licht selbst nur eine gewisse Erregung einer die Welt erfüllenden Materie ist, welche sich von den leuchtenden Körpern fortpflanzt und endlich das Auge trifft. Die Analogie der verschiedenen Sinne fordert uns auf, eine von beiden Annahmen als die richtige festzuhalten. Wenn wir fühlen, so treten wir mit den Körpern in unmittelbare Berührung, es ist der Körper selbst, welcher das Gefühl afficirt, ebenso nehmen wir an, daß feine Theilchen einer Materie in unsere Nase dringen und so den Geruch hervorbringen. Anders verhält es sich mit dem Gehöre. Wir wissen, daß jeder tönende Körper in Schwingungen sich befindet, welche sich in den umgebenden Mitteln fortpflanzen, etwa wie wenn man einen Stein ins Wasser wirft, auch hier eine Wellenbewegung immer schwächer werdend weiter und weiter sich fortpflanzt. Treffen die vom tönenden Körper ausgehenden Schwingungen unser Ohr, so hören wir. Hiernach können wir annehmen, entweder das Licht ist eine feine Materie, welche von dem leuchtenden Körper ausströmend unser Auge trifft, oder der leuchtende Körper befindet sich in einer gewißen schwingenden Bewegung und diese Bewegung theilt sich dem umgebenden Mittel mit und trifft endlich unser Auge. Das erste nimmt die Emanationshypothese (v. d. lat. emanare ausfließen) an, das zweite die Vibrationshypothese (v. d. lat. vibrare zittern, schwingen).

Die Emanationshypothese ist auf den ersten Anblick wie es scheint die naturgemäßeste, indem die einfachsten Erscheinungen, namentlich der geradlinigen Fortpflanzung, der Zurückwerfung, Brechung, Beugung u. a. leicht aus ihr sich begreifen lassen. Schon die gewöhnliche Ausdrucksweise, deren wir uns im Vorhergehenden bedient haben, schließt sich an sie an. Das größte Gewicht in der Wissenschaft hat diese Hypothese dadurch erhalten, daß Newton in seinen tiefsinnigen Untersuchungen einer auf sie sich beziehenden Ausdrucksweise sich bedient hat. Indeß war es Newton mehr darum zu thun, die gefundenen Resultate der Beobachtung auf eine bestimmte Weise auszudrücken und darauf Berechnungen zu begründen, als daß er so einseitig an der Materialität des Lichtes festgehalten hätte, wie mehre seiner Nachfolger. Mit Hypothesen hat es überhaupt die Bewandtniß, daß sie ein allgemeiner Ausdruck einer gewissen Anzahl von Beobachtungen sind; Erscheinungen nun, welche mit jenen der Hypothese ursprünglich zu Grunde liegenden in einem nothwendigen Zusammenhange stehen, werden sich vollständig aus der Hypothese erklären lassen. Erscheinungen dagegen, welche mehr oder weniger außer nothwendigem Zusammenhange mit den ursprünglich der Hypothese zu Grunde liegenden Erscheinungen stehen, werden sich aus derselben nicht oder nicht vollständig erklären lassen, sondern neue Hypothesen, nähere Bestimmungen der ersten Hypothese nöthig machen. Biot, Herschel, Laplace haben in dieser Weise die Emanationshypothese weiter ausgebildet. Die Hauptsätze derselben, deren weitere Anwendung zur Erklärung der speciellen Lichterscheinungen höhere mathematische Kenntnisse voraussetzt, sind fol-

gende. Das Licht besteht aus materiellen Theilchen, welche durch ihre Einwirkung auf unser Auge die Empfindung des Sehens hervorbringen. Diese materiellen Theilchen gehören der Klasse der unwägbaren einfachen Stoffe an. (S. d. Art. Einfache Stoffe.) Die materiellen Lichttheilchen sind aber sowohl den anziehenden als den abstoßenden Kräften der Körper unterworfen, an deren Oberflächen sie sich befinden. Von den selbst leuchtenden Körpern geht das Licht auf eine nicht näher zu erklärende Weise aus, die übrigen sichtbaren Körper senden die auf sie fallenden Lichttheilchen zurück. Wie es kommt, daß die leuchtenden Körper nicht endlich an Masse verlieren, läßt sich vielfach erklären. Das Licht, welches als ein im leuchtenden Körper ursprünglich gebundener, nachher frei werdender Bestandtheil angesehen werden muß, ist (kann man sagen) so fein und nimmt im gebundenen Zustande einen so über alles Maß kleinen Raum ein, daß der Verlust an Masse durch das Leuchten verschwindend gering auch nach sehr langer Dauer des Leuchtens ist. Auch kann das ausgesendete Licht in demselben Maße wieder im Körper von außen ersetzt werden, in welchem es von demselben ausströmt. Die Lichttheilchen werden von den Körpern angezogen und hieraus erklären sich die Phänomene der Brechung, aber auch abgestoßen, wie die Phänomene der Zurückwerfung zeigen. Sie sind folglich abwechselnd bald leichter der Zurückwerfung, bald leichter der Durchlassung fähig*). Die Erscheinung der verschiedenen Brechbarkeit der farbigen Lichtstrahlen spricht für eine verschiedene Anziehung der Körper gegen die verschieden gefärbten Lichtstrahlen. Von der Größe der Trägheit der Lichttheilchen hängt die Empfindung der Farbe ab, welche sie erregen. Jene Lichttheilchen, deren Trägheit am größten ist, entsprechen der rothen, jene deren Trägheit am kleinsten ist, der violetten Farbe und die übrigen bringen nach Maßgabe ihrer Trägheit die orange, gelbe u. s. w. Farbe hervor.

Die Vibrationshypothese oder Undulationshypothese (v. d. lat. unda Welle) setzt voraus, daß es eine außerordentlich feine, elastische Flüssigkeit gebe, den Aether, welche alle Zwischenräume (Poren) der Körper durchdringe und so fein sei, daß sie der Bewegung der Körper durchaus keinen merklichen Widerstand entgegensetze. Die Theilchen des Aethers müssen sich sehr leicht verschieben, aber nur sehr schwer einander nähern lassen, sie müssen ferner von den Körpern angezogen werden, so daß in ihnen der Aether verdichtet wird. In dem Maße, in welchem der Aether in einem Körper verdichtet ist, setzen sich die Vibrationen langsamer in ihm fort. Ein leuchtender Körper ist ein solcher, der sich in einer hinreichend schnellen stehenden Schwingung befindet und dadurch den Aether in eine fortschreitende Oscillation versetzt, die sich bis zu unserem Auge fortpflanzt und auf der Netzhaut durch einen Stoß die Empfindung des Sehens hervorbringt. Die Schwingungen leuchtender Körper dürfen nicht, wie die der schallenden in Richtungen erfolgen, welche ihrer Fortpflanzungsrichtung parallel sind, sondern in

*) Vergl. d. Art. Anwandlungen.

auf dieselbe senkrechten, und die Fortpflanzung erfolgt daher auf andere Weise als beim Schall. Ist m Fig. 160. ein Massetheilchen eines leuchtenden Körpers, das sich beim Vibriren abwechselnd von o nach n und wieder von n nach o bewegt und a, b, c, d, e, f Aethertheilchen, welche mittelst anziehender Kräfte sowohl mit einander als mit m verbunden sind; so werden durch die Bewegung der Masse von n gegen o zuerst die Aethertheile a, b, c nach a′, b′, c′ gebracht, weil aber diese durch Kräfte mit den Theilchen d, e, f zusammenhängen, so müssen auch letztere eine Lage anzunehmen suchen, bei der sie mit den vorigen wieder im Gleichgewichte stehen, d. h. in die Lage d′, e′, f′ kommen. Die Bewegung dieser Theile erzeugt eine ähnliche der vor ihnen liegenden und so muß sich die Bewegung im Aether nach einer auf der Schwingungsebene des Theilchens m senkrechten Richtung fortpflanzen. So wird es kommen, daß die Aethertheile, welche im Zustande der Ruhe in der geraden Linie mp Fig. 161. liegen, deren Länge dem Wege gleich ist, durch welchen sich die Bewegung des Aethers während einer Schwingung des leuchtenden Körpers fortpflanzt, aus dieser Linie in der darauf senkrechten Richtung herausrücken und in die schlangenförmige Curve mqrsp kommen. mp ist da die Länge der Lichtwelle im Aether und jede von einem Punkte der Linie mp senkrecht auf ihr bis zur Curve gezogenen Gerade bezeichnet die halbe Excursionsweite des Aethertheilchens für diese Welle. Sollten in der Richtung der Schwingungen des leuchtenden Körpers Aethervibrationen entstehen, so müßte der Aether eine Compression erleiden, wozu er seiner Natur nach nur sehr schwer gebracht wird. Die Intensität des Lichtes wird durch die Größe der Excursion eines Aethertheilchens bestimmt, und die Farbe hängt ab von der Schnelligkeit der Oscillation, welche mit der Länge der Lichtwellen im Zusammenhange steht. Die weitere Ausführung und Anwendung beider Hypothesen über die Natur des Lichtes ist nicht ohne mathematische Kenntnisse möglich. Die Vibrationshypothese ist früher von Descartes, Huyghens und Euler, in neuerer Zeit namentlich von Young, Fresnel, Fraunhofer festgehalten und ausgeführt worden*).

Unter den Wirkungen des Lichtes sind oben nur diejenigen angeführt worden, welche sich auf die Körperwelt beziehen; es können auch noch diejenigen zur Sprache kommen, welche sich auf das Verhältniß der unwägbaren Stoffe (Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus) unter einander gründen. So will z. B. Matteucci Elektricitäterregung durch Licht wahrgenommen haben. Derselbe setzte ein empfindliches Goldblattelektrometer mit Condensator den Sonnenstrahlen aus und bemerkte bald, daß die Blätter des Elektrometers divergirten, und zwar sich nach der Seite des Glasgehäuses hin öffneten, auf welche die Sonnenstrahlen direct einwirkten, gleich als ob sie von denselben angezogen würden. Er stellte ferner einige Glastafeln in die Sonne und berührte sie nach wenigen Minuten mit der Elektrometerkugel; es er-

*) Eine mathematische Ausführung beider Hypothesen s. in Baumgartners Naturlehre. Supplementband.

folgte deutliche Divergenz der Blättchen. Auch wenn das Glas durch starke Erhitzung von aller Feuchtigkeit befreit, dann unter einer, mittelst Wärme und Chlorcalcium ausgetrockneten Glocke der Wirkung der directen Sonnenstrahlen ausgesetzt wurde, zeigte es Elektricität, so daß also Verdampfung einer unmerklichen Wasserschicht hierbei nicht Schuld sein konnte. Daß von dieser Elektricitätserregung das Licht, und nicht die es begleitende Wärme die Ursache sei, schließt Matteucci daraus, daß, wenn er eine Glastafel mittelst dunkler Wärme erhitzt hatte, nie eine Spur von Elektricität durch Prüfung mit dem Elektrometer daran wahrgenommen worden sei. Indeß sind doch die Physiker besonders nach Versuchen von Muncke sehr geneigt, die in den von Matteuci beobachteten Fällen auftretende Elektricität vielmehr für eine Folge der Erwärmung als der Beleuchtung zu halten. Ueber die Erregung von Magnetismus durch das violette Licht s. d. Art. Farbe S. 351. Ueber das Verhältniß des Lichtes zur Wärme d. Art. Farbe, Wärme.

Linsenglas, dioptrische Linse, sphärische Linse heißt jede kleine Glastafel, deren eine oder deren beide Oberflächen Abschnitte von Kugelflächen sind. Gewöhnlich sind sie überdieß kreisrund, zuweilen wohl auch elliptisch begrenzt. Man sagt, ein Glas sei nach einem gewissen Halbmesser geschliffen, wenn man ihm eine solche Rundung gegeben hat, daß diese Rundung nach allen Seiten gleichmäßig fortgesetzt eine Kugelfläche gibt, deren Halbmesser der angegebene ist. Zeigt die Oberfläche die innern Seiten der Kugelfläche, so heißt sie hohl oder (lat.) concav, zeigt sie dagegen die äußere Seite der Kugelfläche, so heißt sie erhaben oder (lat.) convex. Eine ebene Oberfläche heißt (lat.) plan. Man kann sich die verschiedenen Linsengläser als entstanden vorstellen durch Durchschneidung einer Kugel durch eine Ebene oder Durchschneidung zweier Kugeln oder endlich Durchschneidung einer Glasmasse von einer Ebene und einer diese Ebene nicht treffenden Kugel oder zweier Kugeln. Zwei Oberflächen kommen bei jeder Linse in Betracht, und diese sind entweder beide convex, oder eine plan und die andere convex, oder eine convex und die andere concav, oder eine plan und die andere concav, oder endlich beide concav. Hiernach also sind folgende 5 näher zu betrachtende Arten von Linsengläsern.

1) Das doppelt convexe, oder biconvexe (v. d. lat. bis zweimal und convexus erhaben), oder convex-convexe Glas. Denken wir uns zwei Kugeln, welche sich schneiden, daher ein Stück mit einander gemein haben, so ist das gemeinschaftliche Stück eine biconvexe Linse. Denken wir uns nun ferner eine Ebene durch die Mittelpunkte beider Kugeln gelegt, so schneidet diese die Kugeln und die Linse und dieser Durchschnitt ist in Fig. 162. vorgestellt, wo das schattirte Stück mn das Profil der biconvexen Linse ist. Die Linie ab heißt die Axe der Linse. Die biconvexe Linse hat, wie man sieht, Aehnlichkeit mit einer Linsenfrucht und hat daher ihren Namen erhalten, der nachher auch auf die übrigen von Kugelflächen begrenzten Gläser übergegangen ist. ac ist der Halbmesser, nach dem die eine Fläche mcn, bd

der Halbmesser, nach dem die andere Fläche mdn geschliffen ist; diese Halbmesser können gleich oder ungleich sein.

2) Die planconvexe Linse entsteht, wenn man von einer Kugel mittelst einer durchgelegten Ebene einen Abschnitt nimmt. Sie hat also eine ebene und eine convexe Fläche. Eine Ebene senkrecht auf die Schnittebene und durch den Mittelpunkt der Kugel gelegt gibt das Profil mn Fig. 163. der planconvexen Linse. Die Senkrechte vom Mittelpunkt der Kugel auf die Schnittebene ac ist die Axe dieser Linse. Zwei planconvexe Linsen mit ihren ebnen Flächen auf einander gelegt würden eine biconvexe Linse geben.

3) Die concav-convexe Linse entsteht a) wenn zwei Kugeln größtentheils in einander liegen; der durch die eine von der andern Kugel abgeschiedene Theil ist eine biconvexe Linse und heißt Meniskus, Lunula (d. h. ein kleiner Mond). Eine durch beider Kugeln Mitte gelegte Ebene gibt das Profil des Meniskus mn Fig. 164., und eine durch beide Mittelpunkte gehende gerade Linie bc heißt die Axe desselben; b) wenn zwei Kugeln in einander liegen, eine kleinere in einer größeren, so ist jeder kreisrunde Ausschnitt der größeren zwischen beiden Kugelflächen eine concav-convexe Linse, welche sich vom Meniskus dadurch unterscheidet, daß während jener nach dem Rande zu dünner wird, diese nach dem Rande zu an Dicke zunimmt. Eine durch die Mittelpunkte beider Kugeln gelegte Ebene gibt das Profil mn Fig. 165. dieser concav-convexen Linse; ac, welche durch die Mittelpunkte a und b beider Kugeln geht, ist die Axe der Linse.

4) Die planconcave Linse ist ein kreisrundes Stück des Raumes zwischen einer Ebene und einer Kugel, welche beide sich nirgends treffen, ist also einerseits von einer Ebene anderseits von einer hohlen Kugelfläche begrenzt. Eine Ebene durch den Mittelpunkt der Kugel und senkrecht durch die angegebene Ebene gelegt gibt das Profil mn Fig. 166. der planconcaven Linse und die Senkrechte ac vom Mittelpunkte der Kugel auf die Ebene ist die Axe der Linse.

5) Die doppeltconcave, biconcave, concav-concave Linse ist ein kreisrundes Stück des Raumes zwischen nicht sich treffenden Kugeln. Eine durch beide Mittelpunkte der Kugel gelegte Ebene gibt das Profil der biconcaven Linse mn Fig. 167. und die beide Mittelpunkte a und b verbindende gerade Linie ab ist die Axe der Linse. Die Halbmesser der Kugeln ac und bd können gleich oder ungleich sein.

Bei allen diesen Linsengläsern sind die Berührungsebenen, welche man sich in den Durchschnittspunkten der Axen (c und d) an die Flächen der Linsen gelegt denken kann, parallel. Bei den ebenen Flächen fallen diese Berührungsflächen mit jenen selbst zusammen. Jede zwei an zwei andere Punkte der Linse gelegten Berührungsebenen schneiden sich aber, wie die Linien hf und hg, die Durchschnitte der Berührungsebenen, in den Figuren andeuten. Hier findet aber ein wesentlicher Unterschied statt: während nämlich bei den Fig. 162, 163 u. 164. abgebildeten Linsen die Ebenen (hier durchschnittlich als Striche gezeichnet) fh und gh von der Axe ac ab convergiren, so convergiren diese Ebenen auf die Axe zu in den Fig. 165, 166 u. 167. abgebildeten Linsen. Welches hiervon die Folgen in

Bezug auf durch die Linsengläser bewirkte Brechung des Lichtes sei, soll sogleich näher erörtert werden, zunächst mag nur dieß festgehalten werden, daß man hiernach die Linsengläser in zwei Klassen theilt, in:

1) erhabene oder convexe (eigentliche) Linsen, zu denen die oben unter 1, 2 und 3. a) angegebenen und im Profil Fig. 162, 163 und 164. abgebildeten Linsen gehören, und die auch Sammlungs- oder (lat.) Collectivgläser heißen, und in

2) hohle Linsen oder hohle Gläser, concave Linsen, zu denen die oben unter 3 b), 4 und 5 angegebenen und im Profil Fig. 165, 166 und 167. abgebildeten Linsen gehören, und die auch Zerstreuungsgläser genannt werden.

Man kann auch Linsen mit andern als Kugelflächen, z. B. mit elliptischen, parabolischen u. s. w. Flächen schleifen, man bedient sich aber und stellt her vorzugsweise nur sphärische Linsen (deren Oberflächen Theile einer Kugel sind), weil nur diese mit Leichtigkeit und Genauigkeit verfertigt werden können. Da ferner der Zweck der Linsen Brechung des durch sie hindurchgehenden Lichtes ist, so bedient man sich zur Herstellung von Linsen nur des Glases und solcher Materien (z. B. Edelsteine), welche an Durchsichtigkeit dem Glase gleich kommen.

Um nun zu finden, in welcher Weise sich ein Linsenglas in Bezug auf Brechung des Lichtes verhalten werde, ist zunächst der allgemeine Satz festzuhalten, daß wenn ein Lichtstrahl auf seinem Wege auf einen Körper trifft, welcher ihm eine gerundete Oberfläche entgegenbietet, so wird er an seinem Einfallspunkte gerade so gebrochen, wie wenn ihm derselbe Körper (von eigenthümlichen Brechungsvermögen) mit einer Ebene entgegenstände, die eine Berührungsebene an die gerundete Oberfläche am Einfallspunkte des Strahles wäre. Beim Herausfahren des Strahles aus dem Körper findet wieder eine dem eben ausgesprochenen Gesetze entsprechende Brechung statt. Hiernach wird jeder auf eine Linse fallende Lichtstrahl so gebrochen wie in einem Prisma, welches durch die beiden Berührungsebenen gebildet wäre, die an den Einfallpunkt und den Austrittspunkt gelegt werden. Jede sphärische Linse, wie sie auch immer gestaltet sein mag, läßt sich folglich als eine Verbindung solcher Prismen oder als ein Prisma mit veränderlicher Oeffnung ansehen, dessen brechender Winkel nach den Rändern hin zunimmt. In den Durchschnittspunkten der Axe (c und d) haben wir gesehen, sind die beiden Berührungsebenen parallel; ein Strahl folglich, der in der Richtung der Axe einfällt, wird gebrochen wie ein Strahl, der senkrecht auf ein Glas mit parallelen ebenen Seitenflächen fällt, d. h. er wird gar nicht gebrochen, geht in der Richtung der Axe ungebrochen durch die Linse hindurch. Liegt nun der brechende Winkel eines Prisma von der Axe abgewandt, so geschieht die Brechung auf die Axe zu und der gebrochene Strahl trifft die Axe irgendwo, liegt dagegen der brechende Winkel eines Prisma gegen die Axe zugewendet, so geht der gebrochene Strahl von der Axe ab, entfernt sich immer weiter von ihr und trifft sie nie. Von den convexen Gläsern werden folglich alle auf sie fallenden Strahlen nach der Axe zu gebrochen und von den concaven Gläsern werden alle auf sie fallenden Strahlen von der Axe ab gebrochen.

Hiervon haben diese Gläser die Namen von Sammlungsgläsern und Zerstreuungsgläsern.

Betrachten wir sorgfältiger die in Fig. 168. abgebildete doppeltconvexe Linse und nehmen zugleich an, es fielen auf dieselbe eine Menge Lichtstrahlen, die unter sich und mit der Axe dc parallel wären, so wird einer dieser Strahlen mit der Axe der Linse in Eine Richtung fallen und dieser wird in der Richtung derselben SF ungebrochen durch die Linse hindurchgehen. Jeder auf beiden Seiten folgende Strahl wird gebrochen und zwar so wie durch ein Prisma, welches die durch seinen Austrittspunkt und seinen Eintrittspunkt gelegten tangirenden Ebenen an die Kugelflächen bilden. Der brechende Winkel jedes dieser Prismen liegt von der Axe dc abgewendet, folglich werden sämmtliche Strahlen auf die Axe zu gebrochen; ferner wird aber der brechende Winkel für jeden Strahl um so größer, je entfernter von der Axe er auf die Linse fällt, folglich wird demgemäß auch jeder Strahl um so stärker nach der Axe zu gebrochen; d. h. wenn die zunächst um d einfallenden Strahlen den in der Richtung der Axe liegenden Strahl SF in F treffen, so treffen die etwas entfernter einfallenden Strahlen, die Axe näher an c und folglich jene näheren schon in F_1 und noch entferntere Strahlen treffen wieder diese in F_2 u. s. f. Bei jedem wirklich auf eine Linse auffallenden Strahlenbüschel liegen die einzelnen Strahlen nicht so getrennt von einander wie in der Figur, sondern folgen in ununterbrochener Reihe auf einander, folglich vereinigen sich in der Wirklichkeit die einzelnen Punkte F, F_1, F_2 .... zu einer ununterbrochenen Linie. Eine solche von F aus in 2 Armen sich erstreckende Linie heißt eine Brennlinie oder (nach d. griech.) eine kaustische Linie. Nach einem je größeren Halbmesser die beiden krummen Flächen der Linse geschliffen sind, desto kleiner werden offenbar die (brechenden) Winkel sein, in denen sich die an die Einfalls- und Austrittspunkte gelegten tangirenden Ebenen schneiden und an desto weniger verschiedenen Punkten werden die gebrochenen Strahlen die Axe schneiden; desto mehr wird die Brennlinie in in einen Brennpunkt zusammengehen. Eben so werden bei jeder biconvexen Linse die zunächst um die Axe einfallenden Strahlen sich am nächsten um den Punkt F der Axe schneiden. Man nennt daher den Punkt F den Hauptbrennpunkt der Linse und die Entfernung desselben von der Linse Fc die Hauptbrennweite derselben, oder auch wohl beide schlechthin Brennpunkt und Brennweite.

Untersuchen wir jetzt das Verhalten einer doppeltconcaven Linse. Fallen auch auf diese Strahlen parallel ein, so werden sie ebenfalls gebrochen. Wir haben aber oben gesehen, daß hier die Brechung für jeden nicht genau in der Richtung der Axe auffallenden Strahl so geschieht, wie von einem Prisma, dessen brechender Winkel auf die Axe zu gewendet ist; die einzelnen Strahlen werden folglich von der Axe ab gebrochen. Da ferner der brechende Winkel um so größer wird für jeden Strahl, je entfernter derselbe von der Axe einfällt, so werden nothwendig sämmtliche vorher parallele Lichtstrahlen nach der Brechung divergiren, wie Fig. 169. dieß andeutet. Das Licht wird durch die doppeltconcave Linse zerstreut, während es durch die doppeltconvexe Linse,

wie wir eben sahen, gesammelt wird. Denken wir uns jedoch die aus der Linse nach der zweimaligen Brechung divergirend herausfahrenden Strahlen rückwärts verlängert, wie d. Fig. zeigt, so sehen wir, daß sie sich ebenfalls in einer kaustischen Linie F_2 F_1 F schneiden, und sehen, daß auch hier es einen dem Hauptbrennpunkte bei der biconvexen Linse entsprechenden Punkt F gibt. Nur liegt hier dieser Punkt F auf derselben Seite der Linse, auf welcher das Licht einfällt, während er bei der biconvexen Linse auf der entgegengesetzten Seite lag. Man nennt den Brennpunkt F bei der biconcaven Linse, da sich in ihm nicht wirklich die Lichtstrahlen vereinigen, sondern nur die rückwärts verlängert vorgestellten Lichtstrahlen, häufig einen imaginären (d. h. eingebildeten) Brennpunkt.

In den eben angestellten Betrachtungen wurde angenommen, daß alle Theile jeder Linse um die Axe symmetrisch liegen. Eine Linse, bei welcher dieses wirklich der Fall ist, heißt eine centrirte Linse (v. d. lat. centrum Mittelpunkt). Bei einer nicht centrirten Linse fällt die wahre Axe nicht in die Mitte der Linse, so daß diese eine andere Axe zu haben scheint, als wirklich der Fall ist. Fig. 170. stellt eine nicht centrirte Linse vor. Hier ist die scheinbare Axe c_1 d_1, während die wahre Axe in cd liegt.

Betrachten wir jetzt den Fall, wo nicht wie vorhin die Strahlen parallel mit einander und mit der Axe auf die Linse fallen, sondern wo sie von einem gemeinschaftlichen Punkte ausgehen. Bei allen sehr von der Linse entfernten leuchtenden Punkten, so daß gegen diese Entfernung alle Dimensionen an der Linse verschwindend klein sind, also z. B. für die Sonne können wir annehmen, daß die Strahlen parallel auffallen, dieß ist aber nicht der Fall für näher liegende entweder selbstleuchtende oder durch Zurückwerfung lichtentsendende Körper. Es zeigt sich überhaupt eine Abhängigkeit der Brennweite einer Linse von der Entfernung des lichtentsendenden, sie bestrahlenden Körpers, welche durch eine Formel ausgedrückt werden kann.

Ist nämlich Fig. 171. S ein leuchtender Punkt, mn die Linse, SF die Richtung eines durch die Axe gehenden Strahles, SD ein anderer schief auf die Linse fallender Strahl, der bei D und bei G gebrochen wird, F der Brennpunkt und bezeichnen wir:

die Entfernung des leuchtenden Punktes SA mit a
die Entfernung des Brennpunktes AF mit a'
den Halbmesser nach dem mAn geschliffen cD mit r
den Halbmesser nach dem mBn geschliffen CG mit r'

und das Brechungsverhältniß (s. d. Brechung) mit n;

so ist $\frac{1}{a'} = (n-1)\left(\frac{1}{r'}+\frac{1}{r}\right)-\frac{1}{a}$ *).

---

*) Folgendes ist die mathematische Ableitung dieser Formel, wozu man den Art. Brechung, einfache vergleiche. C und c sind (Fig. 171.) die Mittelpunkte der Krümmungen der Linse, D der Einfallspunkt des Strahles Sy, Dc das Einfallsloth (der Radius r), DGE die Richtung des Strah-

Diese allgemeine Formel faßt nun auch den vorhin betrachteten Fall, wenn die Strahlen parallel auffallen, in sich. Dieses ist, wie gesagt wurde der Fall wenn der leuchtende Punkt sehr entfernt ist, oder w. dsslb. wenn $a = \infty$, d. h. unendlich groß wird, dann ist $\frac{1}{a} = 0$ und

$$\frac{1}{a'} = (n-1)\left(\frac{1}{r'}+\frac{1}{r}\right) \text{ oder}$$

$$\frac{1}{a'} = (n-1)\left(\frac{r+r'}{r'r}\right) \text{ oder}$$

$$a' = \frac{r'r}{(n-1)(r+r')}\text{; in Worten:}$$

die Brennweite ist dann gleich dem Producte der Halbmesser der beiden krummen Flächen der Linse dividirt durch das um Eins verminderte Brechungsverhältniß und die Summe beider Halbmesser. Hiernach kann man für jede biconvexe Linse vor dem Versuche berechnen, wie groß ihre Brennweite sei, wenn man die Halbmesser nach denen sie geschliffen

---

les (innerhalb des Glases) nach der ersten Brechung, G der Austrittspunkt aus der Linse, CG das Einfallsloth (der Radius r'), CF die Richtung des Strahles nach der zweiten Brechung, und n das Brechungsverhältniß. Es heiße, wie oben, $SA = a$, $AF = a'$, $AE = k$, $CG = r'$, $cD = r$, die Dicke der Linse AB werde vernachläßigt, und daher $SD = SA$ angenommen.

Man hat: $\frac{SD}{Sc} = \frac{\sin DcC}{\sin SDc}$, $\frac{cE}{DE} = \frac{\sin cDE}{\sin DcE}$, $n = \frac{\sin SDc}{\sin EDc}$, mithin

$$\frac{SD \cdot cE \cdot n}{Sc \cdot DE} = \frac{\sin DcC \cdot \sin cDE \cdot \sin SDc}{\sin SDc \cdot \sin DcE \cdot \sin EDc} = 1$$

$SD \cdot cE \cdot n = Sc \cdot DE$, d. i. $a(k-r)n = (a+r)k$,

$$k = \frac{anr}{an-a-r} \quad (1)$$

Auf gleiche Weise erhält man: $\frac{GE}{CE} = \frac{\sin GCE}{\sin CGE}$, $\frac{CF}{GF} = \frac{\sin CGF}{\sin GCF}$

$\frac{1}{n} = \frac{\sin CGE}{\sin CGF}$, und durch Multiplication:

$$\frac{GE \cdot CF}{CE \cdot GF \cdot n} = \frac{\sin GCE \cdot \sin CGF \cdot \sin CGE}{\sin CGE \cdot \sin GCF \cdot \sin CGF} = 1$$

$GE \cdot CF = CE \cdot CF \cdot n$ und $k(r'+a') = (r'+k)a'n$,

$$k = \frac{a'nr'}{r'+a'-a'n} \quad (2),$$

mithin aus (1) und (2):

$$\frac{anr}{an-a-r} = \frac{a'nr'}{r'+a'-a'n}, \quad \frac{an-a-r}{ar} = \frac{r'+a'-a'n}{a'r'}$$

das ist: $\frac{(n-1)}{r} - \frac{1}{a} = \frac{1}{a'} - \frac{(n-1)}{r'}$ oder

$$(n-1)\left(\frac{1}{r'}+\frac{1}{r}\right) - \frac{1}{a} = \frac{1}{a'}.$$

ist und das Brechungsverhältniß des Glases, aus dem sie verfertigt ist, gegen Luft kennt.

Für doppeltconcave Gläser läßt sich ebenfalls die oben angegebene Formel anwenden, nur muß man hier die Radien r und r′ mit negativen Zeichen setzen. So erhält die Formel folgende Gestalt:

$$-\frac{1}{a'} = (n-1)\left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{r}\right) + \frac{1}{a}.$$

Die Brennweite ist hier negativ, d. h. sie fällt, wie wir dieß schon vorhin gesehen haben, auf die entgegengesetzte Seite wie beim doppeltconvexen Glase, d. h. auf die Seite des leuchtenden Gegenstandes. Für den Fall des Auffallens paralleler Lichtstrahlen wird wieder $a = \infty$, also $\frac{1}{a} = 0$, und die Formel ist:

$$-\frac{1}{a'} = (n-1)\left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{r}\right), \text{ d. h.}$$

$$a' = \frac{-rr'}{(n-1)(r'+r)},$$

eine der Formel für doppeltconvexe Linsen gleiche Formel, nur daß durch das Minuszeichen die entgegengesetzte Lage des Brennpunktes angezeigt wird.

Für ein Glas mit einer convexen Seite und einer ebenen, wird der eine Radius unendlich, indem man jede Ebene sich als eine Kugelfläche mit unendlich großem Halbmesser beschrieben ansehen kann. Aus unserer allgemeinen Formel, $r' = \infty$ also $\frac{1}{r'} = 0$ gesetzt, wird als allgemeine Formel für die planconvexen Gläser folglich:

$$\frac{1}{a'} = (n-1)\frac{1}{r} - \frac{1}{a},$$

und bei parallelen Strahlen $a = \infty$, $\frac{1}{a} = 0$ gesetzt:

$$\frac{1}{a'} = (n-1)\frac{1}{r}, \quad a' = \frac{r}{n-1}$$

Die Brennweite planconvexer Gläser ist gleich dem Radius ihrer krummen Fläche, dividirt durch das um Eins verminderte Brechungsverhältniß; die Vergleichung der Größe von a′ für doppeltconvexe Linsen mit dieser zeigt, daß sich beide ähnlich verhalten, aber daß die Brennweite der planconvexen Gläser immer verhältnißmäßig etwas größer sein wird als für doppeltconvexe.

Für planconcave Linsen ist ebenfalls ein Radius z. B. $r' = \infty$ $\frac{1}{r'} = 0$, und die Formel aus der Formel für doppeltconcave Linsen:

$$-\frac{1}{a'} = (n-1)\frac{1}{r} + \frac{1}{a}$$

und nun für parallele Lichtstrahlen: $a = \infty$, $\frac{1}{a} = 0$

$$-\frac{1}{a'} = (n-1)\frac{1}{r} \text{ d. h.}$$

$$a' = -\frac{r}{n-1},$$

also fällt hier ebenfalls der Brennpunkt auf die Seite des leuchtenden (sehr entfernten) Körpers, und ist übrigens gleich dem einer nach demselben Halbmesser geschliffenen planconvexen Linse und verhältnißmäßig größer als bei einem doppeltconcaven Glase.

Für concavconvexe Gläser ist ein Radius positiv, während der andere negativ ist, also nehmen wir r′ positiv, r negativ in unsere Formel, so erhalten wir aus jener allgemeinen Formel die specielle für concavconvexe Linsen:

$$\frac{1}{a'} = (n-1)\left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r}\right) - \frac{1}{a}$$

und folglich für parallele Lichtstrahlen: $a = \infty$, $\frac{1}{a} = 0$

$$\frac{1}{a'} = (n-1)\left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r}\right)$$

$$a' = \frac{r r'}{(n-1)(r-r')}$$

d. h. die Brennweite ist gleich dem Producte beider Radien, dividirt durch das um Eins verminderte Brechungsverhältniß und den Unterschied beider Radien. Man sieht alsbald, es kommt hier darauf an, ob r größer oder kleiner ist als r′, im ersten Falle ist a′ eine positive Größe, d. h. der Brennpunkt fällt auf die entgegengesetzte Seite, im anderen Falle ist (r — r′) also auch a′ eine negative Größe, d. h. der Brennpunkt fällt auf dieselbe Seite der Linse, als der leuchtende Gegenstand. Ferner fragt es sich noch in Bezug auf wirklich aufgestellte Linsen, welche nähere Bedeutung r und r′ haben. Fig. 172. stellt eine concavconvexe Linse vor, welche mit ihrer concaven Seite dem einfallenden Lichte zugekehrt ist; es fragt sich, hat sie einen wirklichen Brennpunkt (nach F zu) oder einen imaginären (nach S zu), oder was dasselbe, ist sie ein Sammlungsglas oder ein Zerstreuungsglas, und in welcher Entfernung von ihr fällt dieser Brennpunkt. cm ist der Radius nach dem die Fläche mAn geschliffen, er ist negativ als einer concaven Fläche zugehörig, in der Hauptformel anzunehmen, entspricht folglich in der speciellen Formel für concavconvexe Linsen dem Radius r. Dagegen ist am der Radius r′ der Fläche mBn, und es ist $r' < r$. Hiernach ist in unserer Formel für parallel auffallende Lichtstrahlen

$$a' = \frac{r r'}{(n-1)(r-r')}$$

r — r′ eine positive Größe, folglich auch a′ eine positive Größe, d. h. der Brennpunkt liegt auf die Seite F zu und ist ein wirklicher Sammlungspunkt des Lichtes. Da die Formel für doppeltconvexe Linsen

$$a' = \frac{r' r}{(n-1)(r+r')}$$ war, so ist offenbar, weil

$r + r' > r - r'$, die Brennweite für concavconvexe Linsen verhältnißmäßig größer als für doppeltconvexe Linsen. Fig. 173. stellt eine andere concavconvexe Linse vor, in welcher $ap = r'$, $cm = r$, folglich $r' > r$ ist, in unserer Formel für concavconvexe Linsen

$$a' = \frac{r'r}{(n-1)(r-r')} \text{ ist folglich}$$

$(r-r')$ eine negative Größe und folglich auch a' eine solche, d. h. die Linse hat keinen wirklichen, sondern nur einen imaginären, auf der Seite, auf welcher das Licht einfällt, liegenden Brennpunkt.

Hierdurch sehen wir mit genauerer Bestimmung der Größe der Brennweite wieder bestätigt, daß eine concavconvexe Linse wie ein Sammlungsglas wirkt, sobald der Halbmesser der convexen Seite kleiner als der der concaven ist, und als eine Zerstreuungslinse, sobald der Halbmesser der convexen Seite größer als der der concaven ist.

Die allgemeine Formel für doppeltconvexe Linsen war:

$$\frac{1}{a'} = (n-1)\left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{r}\right) - \frac{1}{a}$$

und für den Fall, daß $\frac{1}{a} = 0$ (die Entfernung des leuchtenden Körpers unendlich) wurde, fanden wir den Werth von a' als den der Brennweite. Diese Brennweite hat für jedes Glas von bestimmter Rundung und Masse einen bestimmten Werth, welchen wir mit p bezeichnen wollen. p ist also der Werth den a' in dem Falle hat, in welchem $a = \infty$ ist, d. h.

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{r}\right)$$

und dieser Werth von $\frac{1}{p}$ in unsere allgemeine Formel gesetzt, gibt dieselbe:

$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$$

Aus dieser Formel sehen wir, daß je größer $\frac{1}{a}$ ist, desto kleiner $\frac{1}{a'}$ wird, oder je kleiner a ist, desto größer wird a', d. h. je näher ein leuchtender Gegenstand an der doppeltconvexen Linse steht, desto größer ist die Entfernung seines Bildes von der Linse. So lange $\frac{1}{a}$ kleiner als $\frac{1}{p}$ ist, oder so lange a größer als p ist, ist $\frac{1}{a'}$ und folglich auch a' eine positive Größe, d. h. stets wenn die Entfernung des leuchtenden Gegenstandes von der Linse größer als die Brennweite derselben ist, erscheint ein Bild des Gegenstandes auf der entgegengesetzten Seite der Linse, und zwar in so geringerem Abstande, je weiter der Gegenstand von der Linse absteht. Ist $a = \infty$, also $\frac{1}{a} = 0$, so ist $\frac{1}{a'} = \frac{1}{p'}$

d. h. ist der leuchtende Gegenstand unendlich weit entfernt, so erscheint sein Bild im Brennpunkte der Linse. Ist a = p so wird $\frac{1}{a'} = 0$, und $a' = \infty$, d. h. befindet sich der leuchtende Gegenstand in demselben Abstande von der Linse, in welchem sich der Brennpunkt auf der andern Seite derselben befindet, so erscheint das Bild in einem unendlich großen Abstande von der Linse, oder was dasselbe, die Strahlen werden dann durch die Brechung parallel. Ist endlich a kleiner als p, also $\frac{1}{a} > \frac{1}{p}$, so ist $\frac{1}{a'}$ negativ, d. h. wenn der Abstand des leuchtenden Körpers von der Linse geringer als die Brennweite derselben ist, so werden die von der Linse gebrochenen Strahlen nicht mehr gesammelt, sondern bleiben divergirend (auseinanderfahrend).

Die allgemeine Formel für doppeltconvexe Gläser war:

$$\frac{1}{a'} = (n-1)\left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{r}\right) + \frac{1}{a}$$

und wenn a die Entfernung des leuchtenden Gegenstandes unendlich wurde, erhielt a′ (die Entfernung des Bildes) die Bedeutung der Brennweite, welche aber hier negativ war, d. h. auf derselben Seite mit dem leuchtenden Gegenstande lag; a′ in dieser speciellen Bedeutung wollen wir wieder p nennen, so ist:

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{r}\right) \text{ und folglich}$$

$$-\frac{1}{a'} = \frac{1}{p} + \frac{1}{a}$$

Welchen endlichen positiven Werth in dieser Gleichung a auch haben mag immer bleibt a′ negativ, d. h. es entsteht bei keiner endlichen Entfernung des Gegenstandes ein Bild desselben auf der entgegengesetzten Seite der Linse. Wenn $a = \infty$ wird, so wird, was wir schon wissen,

$$a' = -p = -\frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{r}\right)} = \frac{-r'r}{(n-1)(r+r')}.$$

Die oben angegebene allgemeine Gleichung gilt auch für einen Punkt, der außer der Axe, aber in einer sehr geringen Entfernung von ihr liegt*). Daher entsteht auch von einem solchen Punkte unter den=

---

*) Der Beweis dieses Satzes ist folgender. Es sei MA (Fig. 174.) die Axe der Linse, S der leuchtende Punkt in ihrer Nähe, C der Mittelpunkt der Linse (das optische Centrum), Ss ein Strahl durch C, SB ein anderer Strahl, und Bs sein Weg nach der Brechung. Verlängert man die Linie BS, bis sie die Axe in A schneidet und eben so sB nach Belieben bis E so ist:

W. EBS = BSs + BsS (als Außenwinkel am Dreieck)
und W. EBS = BDA + BAD = = = =

BSs + BsS = BDA + BAD

selben Umständen, wie von einem in der Axe liegenden, ein Bild und zwar in einer durch den leuchtenden Punkt und durch das optische Centrum gezogenen geraden Linie.

Betrachten wir nun mit Hilfe des Vorhergehenden näher die Entstehung der Bilder von lichtentsendenden Gegenständen, welche sich in und um die Axe einer Linse befinden, so ergibt sich näher Folgendes: Es sei MAM, Fig. 175. ein convexes Glas und SS′ der Gegenstand, der fürs Erste über die Brennweite der parallelen Strahlen hinaus liegen soll. Von seinem obern Ende S ziehe man einen Strahl SA zur Mitte der Linse. Dieser wird die Axe des vom Punkt S ausgehenden Lichtbündels darstellen, und vorausgesetzt, daß die Linse sehr dünn ist, wird sich der Vereinigungspunkt dieses Bündels irgendwo auf der Verlängerung von SA, jenseit der Linse, etwa in f bilden, wie die allgemeine Construction zeigt. Alle Strahlen nun, welche von S ausgehen, werden sich in diesem Punkt vereinigen und darauf divergiren, als wenn sie von einem wirklichen, daselbst befindlichen Gegenstande ausgingen. Wiederholt man die nämliche Construction für das andere Ende S′, so wird man ebenfalls seinen Vereinigungspunkt f′ auf der Verlängerung der Axe S′A finden, und nach derselben Weise auch die Vereinigungspunkte aller zwischen S und S′ befindlichen Punkte erhalten. Hierdurch wird in ff′ ein umgekehrtes Bild des Gegenstandes hervorgebracht werden; und wie man sieht, hängt die Umkehrung davon ab, daß die Vereinigungspunkte jenseit des Kreuzungspunktes der Axen der Lichtpinsel zu liegen kommen. Dieß Bild wird sichtbar werden, wenn man die gebrochenen Strahlen auf einem Blatt weißen Pa-

---

Liegt nun S in sehr geringer Entfernung von der Axe und SB wenig gegen Ss geneigt, so kann man die genannten Winkel ihrer Tangenten proportionirt setzen und BC auf SC senkrecht annehmen. Dann ist:

$$BSs = \frac{BC}{SC},\ BsS = \frac{BC}{sC},\ BDA = \frac{BC}{CD},\ BAD = \frac{BC}{AC},$$

und daher:

$$\frac{BC}{SC} + \frac{BC}{sC} = \frac{BC}{CD} + \frac{BC}{AC} \text{ oder } \frac{1}{SC} + \frac{1}{sC} = \frac{1}{CD} + \frac{1}{AC}.$$

Befände sich der leuchtende Punkt in A, so hätten wir (nach der oben angegebenen Formel):

$$\frac{1}{a^1} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$$

und hierein die Werthe von a und á gesetzt nach der Figur:

$$\frac{1}{CD} = \frac{1}{p} - \frac{1}{AC} \text{ oder:}$$

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{AC} + \frac{1}{CD},$$

folglich ist auch

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{SC} + \frac{1}{sC}$$

piers oder einem mattgeschliffenen Glase in ff' auffängt; ja man wird es mit bloßem Auge erblicken können, wenn man das Auge jenseit dieses Punktes in den gehörigen Abstand bringt, in welchem ein daselbst befindlicher, wirklicher Gegenstand deutlich erscheinen würde. Wenn der Gegenstand SS', dessen Bild man so betrachtet, sich in einer sehr großen Entfernung befindet, so wird das Bild auf die andere Seite der Linse, fast in ihren Brennpunkt F fallen. Hierdurch erhält man also ein Mittel, auf dem Versuchswege die Brennweite converer Gläser zu bestimmen. Mit größerer Annäherung des Gegenstandes an das Glas wird sich das Bild weiter entfernen, indem es zugleich an Größe zunimmt. Ist der Gegenstand nur noch um das Doppelte der Brennweite entfernt (Fig. 176.), so wird das Bild ihm an Größe gleichkommen; nähert er sich noch weiter, so wird es fortfahren, sich zu entfernen und an Größe zuzunehmen; kommt er endlich bis zum Ende der Brennweite (Fig. 177.), so wird es sich bis ins Unendliche entfernen. Zwischen diesen beiden Grenzen behält das Bild immer seine umgekehrte Lage. — Rückt jetzt der Gegenstand der Linse noch näher, so tritt er zwischen den Brennpunkt und die Oberfläche der Linse (Fig. 178.), dann geht das Bild auf die nämliche Seite als der Gegenstand selbst über und erscheint größer, entfernter und aufrecht. Bei weiterer Annäherung des Gegenstandes an das Glas nähert es sich diesem gleichfalls, an Größe abnehmend; berührt endlich der Gegenstand das Glas, so berührt es gleichfalls dessen Oberfläche und fällt mit allen Punkten des Gegenstandes zusammen.

Um sich durch den Versuch von der Richtigkeit des Gesagten zu überzeugen, bediene man sich irgend eines Collectivglases, z. B. des Objectivglases eines Theaterperspectives. Betrachtet man durch ein solches Gegenstände, welche im Verhältnisse zu seiner Brennweite sehr entfernt liegen, und hält das Auge in dem nöthigen Abstande, so sieht man ein umgekehrtes Bild jener Gegenstände. Dieses Bild befindet sich vor der Linse auf der Seite des Auges des Beobachters. Dennoch wird dieser meinen, das Bild befinde sich hinter der Linse und stehe entweder näher oder ferner als die wirklichen Gegenstände von der Linse, weil wir gewohnt sind, den Ort eines Gegenstandes nach seinen Umgebungen, nach seiner scheinbaren Größe im Verhältnisse zu seiner wirklichen Größe u. dgl. zu bestimmen. (S. d. Art. Gesicht.) Befindet sich das Auge in derjenigen Stellung, von welcher aus es das Bild am deutlichsten sieht, so ist, wie directe Messung bestätigt, die Entfernung des Auges von der Linse gleich der Brennweite der letzteren (für parallel auffallende Strahlen) addirt zur deutlichen Sehweite des ersteren.*) Dieß ist der sprechendste Beweis, daß sich das gesehene Bild in der That im Brennpunkte befindet, d. h. von der Linse in der Entfernung der Brennweite, vom Auge in der Entfernung der Sehweite absteht. Entfernt man das Auge weiter von der Linse, so wird das Bild kleiner und seine einzelnen Theile sind minder gut zu unter-

*) S. d. Art. Gesicht 658. und Brille.

scheiden, nähert man hingegen das Auge dem Brennpunkte der Linse, so nimmt das Bild an Größe zu, wird aber zugleich undeutlich. Befindet sich das Auge im Brennpunkte selbst, so hat das Bild den höchsten Grad der Undeutlichkeit und Verworrenheit erreicht. Bei noch weiterer Annäherung des Auges an die Linse erscheint wieder ein Bild des Gegenstandes, aber nur ein aufrechtstehendes und sehr trübes, welches aber an Deutlichkeit zunimmt, bis der Gegenstand mit seinen Umrissen und natürlichen Dimensionen ziemlich klar gesehen wird, indem sich das Auge unmittelbar vor der Oberfläche des Glases befindet. Dieß letztere ist namentlich der Fall, wenn man die Oeffnung der Pupille verengert, indem man durch ein kleines, in ein Kartenblatt gestochenes Loch hindurchsieht. Das Sehen geschieht in dem Falle, wo das Auge sich der Linse über ihren Brennpunkt hinaus nähert, offenbar durch Strahlen, welche convergirend in das Auge dringen. Das abwechselnde deutlicher und undeutlicher werden des Bildes, so wie die Umkehrung, wird durch folgende Ueberlegung klar. Gesetzt es werde ein glänzender Stern, z. B. die Venus durch ein Sammlungsglas betrachtet. Es befinde sich das Auge in OO (Fig. 179.) jenseits des Brennpunktes der Parallelstrahlen und in der gehörigen Weite des deutlichen Sehens von diesem Punkt, so erblickt es das Bild dieses Sternes sehr deutlich und scharf begrenzt. Es erhält diese Wahrnehmung durch einen Kegel divergirender Strahlen, der zur Spitze den Brennpunkt F, zur Basis die Oeffnung OO der Pupille hat. In dem Maße, als man sich dem Glase nähert, schneidet die Basis dieses Kegels, die immer von der nämlichen Größe bleibt, eine größere Anzahl Strahlen, und zwar stärker divergirender Strahlen ab, d. h. solche, die einen größern Winkel unter einander bilden. Das Auge vermag sie, eben wegen dieser Divergenz, nicht mehr alle auf der Retina in einem und demselben Brennpunkt zu vereinigen, und sie bilden mithin auf dieser Haut einen kleinen kreisförmigen Abdruck, wie ihn ein kleiner, außerhalb des Auges befindlicher strahlenaussendender Kreis hervorbringen würde. Auch sieht man das Bild des Sternes sich erweitern und eine Scheibe darstellen, deren Größe mit der Annäherung des Auges an den Brennpunkt zunimmt. Gelangt es endlich in den Brennpunkt selbst, d. i. O′O′, so kommt diese Scheibe der Linse selbst an Größe gleich, weil dann die Oeffnung der Pupille alle Strahlen einfallen läßt, welche die Linse gebrochen hat. Bei noch weiterer Annäherung an das Glas aber gehen dem Auge wieder eine große Anzahl Strahlen verloren, und zwar betrifft dieß zuerst diejenigen, welche, weil sie am entferntesten von der Axe der Linse liegen, die stärkste Convergenz haben. Hieraus ergibt sich, daß die Strahlen, welche, wenn das Auge dem Glase ganz nahe gekommen ist, noch in die Pupille einzutreten vermögen, nur noch eine sehr schwache Convergenz zeigen können, und deßhalb fängt das Bild an, wieder deutlicher zu erscheinen. Diese Betrachtung, successiv auf alle Punkte eines ausgedehnten Gegenstandes angewandt, macht erklärlich, warum derselbe mit der Annäherung des Auges ans Glas minder undeutlich erscheint. Was seine aufrechte Lage betrifft, so rührt sie davon her,

daß die Axen der Lichtpinsel sich nicht mehr kreuzen, bevor sie zum Auge gelangen.

Aus dem Vorhehenden sieht man nun auch, in welcher Art Sammlungsgläser als Brillengläser für weitsichtige Personen dienen. Gesetzt nämlich das Auge OO (Fig. 180.) sei weitsichtig, d. h. es sei nicht im Stande einen Gegenstand SS' welcher Strahlen nach ihm entsendet, deutlich zu erblicken, weil sich für ein solches Auge dieser Gegenstand zu nahe an ihm befindet, als daß es eine Vereinigung der davon ausgehenden Strahlen auf der Netzhaut bewirken könnte. Bringt man nun ein Sammlungsglas MM zwischen Auge und Gegenstand, so daß es dem Gegenstande SS' nahe genug ist, damit dieser innerhalb der Hauptbrennbreite AF des Glases liegt, so macht diese Linse die von SS' ausgehenden Strahlen convergiren, so daß der vorher auseinanderfahrende Lichtbüschel nun zusammengedrängt ins Auge fällt, wie die Figur zeigt. Ist nun das Glas so geschliffen, daß es in der angezeigten Stellung Sammlungspunkte der Strahlen von S und S' bei s und s' gibt, so daß ss' ein Bild des Gegenstandes in der Entfernung der deutlichen Sehweite ist, so wird das kurzsichtige Auge nun den Gegenstand mit derselben Deutlichkeit wie ein gesundes Auge erblicken.

Betrachten wir jetzt etwas näher die Zerstreuungsgläser.

MM Fig. 18. stelle ein solches vor und A sei das Centrum desselben. Der Gegenstand SS' befinde sich vor der Oberfläche des Glases in einer Entfernung, deren Größe beliebig ist, nur nicht so gering, daß die Strahlen zu stark vom senkrechten Einfallen selbst am Rande abweichen. Ziehen wir vom Ende S des Gegenstandes die Linie S,A zur Mitte der Figur des Glases, so wird der Kegel einfallender Strahlen, welcher vom Punkt S ausgeht, diese Linie zur Axe haben und sein Zerstreuungspunkt sich irgendwo auf derselben zur nämlichen Seite der Linse finden, weil sie hohl ist, z. B. in f. Eben so wird sich der Zerstreuungspunkt des von S' ausgehenden Strahlenkegels auf S'A befinden, z. B. in f', und da diese beiden Zerstreuungspunkte alle andern zwischen sich fassen, so wird ff' das Bild des Gegenstandes sein. Man wird dieß stets aufrecht und kleiner als den Gegenstand selbst erblicken, weil es zwischen den Schenkeln des nämlichen Winkels SAS', als dieser enthalten ist, seiner Spitze A aber näher liegt. Die absolute Entfernung des Bildes von der Linse wird dabei stets kleiner sein als die Größe der Hauptbrennweite AF, und zwar um so kleiner als sich der Gegenstand selbst näher am Glase befindet.

Zufolge dieser Construction ist der Gang der Lichtstrahlen, wenn sie vom nämlichen Punkt S oder S' des Gegenstandes aus durch das Glas hindurchgegangen sind, genau der nämliche, als wenn sie wirklich vom Punkt f oder f', der ihnen im Bilde entspricht, ausgingen. Befände sich also das Auge eines Beobachters in OO, zur andern Seite des Glases, so daß er alle diese Strahlen oder bloß einen Theil derselben empfinge, so würde er nicht die Punkte SS' noch die zwischen sie fallenden erblicken, sondern bloß ihre Bilder ff' und sein Auge würde ganz den nämlichen Eindruck erhalten, als wenn der Gegenstand

verkleinert und wirklich an die Stelle, wo die Bildung der Zerstreuungspunkte erfolgt, versetzt worden wäre. Derselbe wird ihm also aufrecht, verkleinert und genähert erscheinen. Dennoch wird die Meinung des Beobachters sein, das Bild des Gegenstandes sei weiter entfernt als der Gegenstand selbst, denn sein Urtheil in dieser Beziehung wird nicht durch das gesehene Bild allein bestimmt, sondern durch den (bei der Anwendung einer Linse wie man sieht irrthümlichen) Satz: ein Gegenstand sei um so entfernter, je kleiner uns derselbe erscheint. (Vergl. d. Art. Gesicht). Man kann nun die Versuche selbst mit jedem Hohlglase z. B. mit dem Ocularglase eines Theaterperspectives anstellen. Hierbei wird man die Bemerkung machen, daß das Auge nur bei einer bestimmten Entfernung von der Linse ein deutliches Bild wahrnimmt, und läßt man mehre Personen den Versuch anstellen und beobachtet in welchen Entfernungen sie das Glas vom Auge halten, um ein deutliches Bild zu erhalten, so wird man im Allgemeinen finden, daß für ein jedes Auge diese angemessene Entfernung eine andere, aber für jedes eine bestimmte ist. Bringt man das Auge näher an die Linse, so trübt sich das Bild und wird verworren, bringt man es weiter ab, so wird das Bild kleiner und verliert an Deutlichkeit. Das Auge ist wie man hieraus sieht, selbst ein optisches Werkzeug, welches die Strahlen nur dann mit hinlänglicher Genauigkeit zu concentriren vermag, wenn die Winkel, unter denen sie auf seine Oberfläche auffallen, gewisse Grenzen nicht überschreiten. Gesetzt der leuchtende Punkt S bringe sein Bild in F (Fig. 182.) hervor und dieß Bild erscheine deutlich, wenn sich da Auge in O O befindet, so wird das Sehen desselben durch einen Strahlenkegel F O O bewirkt, der die Oberfläche O O der Pupille zur Grundfläche und den Punkt F zur Spitze hat. Kommt das Auge dem Glase näher, z. B. bis O′ O′, so schneidet die Pupille einen mehr geöffneten Strahlenkegel ab, und die Strahlen, wie F O′, welche den äußern Umkreis dieses Kegels bilden, fallen mithin unter einem beträchtlichern Einfallswinkel auf ihre Oberfläche auf. Wird dieser Einfallswinkel groß genug, daß nicht mehr alle Strahlen vom Auge auf der Netzhaut hinlänglich concentrirt werden, so entsteht nothwendig verworrenes Sehen; auch findet man, daß dem wirklich so ist, wenn das Auge der Linse, und mithin dem Zerstreuungspunkte F, dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte der ausgehenden Strahlen, zu nahe kommt. Wenn dagegen das Auge von dem Punkte, wo das Sehen am deutlichsten ist, weiter zurücktritt, so kommt das Bild, welches immer an der nämlichen Stelle bleibt, in einer größeren Entfernung von ihm zu stehen und muß also kleiner und seinen einzelnen Theilen nach weniger deutlich erscheinen, wie dieß überhaupt bei allen Gegenständen der Fall ist, von welchen man sich entfernt.

Das Auge besitzt die Fähigkeit sich innerhalb gewisser Grenzen den Entfernungen der Gegenstände anzupassen (s. d. Art. Gesicht.) Beim Hinausgehen über diese Grenzen findet aber kein deutliches Sehen mehr statt. Kurzsichtige Personen sind solche, bei denen das Sehen schon in geringen Entfernungen vom Auge undeutlich wird. Dem Mangel der Kurzsichtigkeit kann man nun mittelst eines Zerstreuungs-

glases abhelfen, wie Fig. 182. zeigt; denn ein solches Glas setzt an die Stelle der wirklichen Gegenstände die Bilder derselben in die Entfernung ihres Zerstreuungspunktes. Bringt man daher nahe vor ein kurzsichtiges Auge ein Hohlglas, dessen Zerstreuungspunkt mit dem Grenzpunkte des deutlichen Sehens des betreffenden Auges zusammenfällt, so erblickt der Kurzsichtige auch die entfernteren Gegenstände so deutlich, wie die welche sich in der Entfernung seiner Sehweite befinden, während er die gesehenen Bilder in Gedanken immer an die Stelle versetzt, in welcher sich die Gegenstände selbst befinden. Hierauf beruht dann die Anwendung der Brillen von kurzsichtigen Personen. (Vergl. d. Art. Brillen.)

Da nach dem Vorhergehenden die Concentration der Strahlen durch Linsen um so besser geschieht, je näher an der Axe dieselben einfallen, so pflegt man bei Anwendung von Linsen zu Herstellung optischer Instrumente die Ränder einer Linse und einen Theil ihrer Oberfläche häufig mit einem undurchsichtigen kreisförmigen Rande zu bedecken, den man eine Blendung oder (griech.) ein Diaphragma nennt. Die innere um den Mittelpunkt befindliche unbedeckte Fläche der Linse heißt dann die Oeffnung oder (lat.) Appertur des Glases. Im Allgemeinen findet die Concentration der Strahlen, welche durch eine Linse hindurch gehen, um so genauer statt, je weniger die hindurchgehenden Strahlen in schiefen Winkeln auffallen, d. h. je kleiner die Oeffnung der Linse ist.

Um sich der Linsen bei optischen Instrumenten zu bedienen, muß man die brauchbaren von den fehlerhaften unterscheiden können, und muß alle diejenigen Größen, welche von Einfluß auf die optischen Erscheinungen sind (Brechungsverhältniß des Glases, Halbmesser nach denen die gekrümmten Flächen geschliffen u. s. w.) bei einer gegebenen Linse zu bestimmen im Stande sein. Baumgartner gibt hierzu nähere Anweisungen wie folgt. Eine brauchbare Linse soll aus vollkommen durchsichtigem, von Streifen, Wellen und Bläschen möglichst freiem, allenthalben gleich dichtem Glase bestehen, gut centrirt sein und vollkommen kugelförmige Krümmungen haben. Bläschen, die sich etwa in einer Linse befinden, schaden zwar der Deutlichkeit der Bilder, welche sie liefert, nicht viel, vermindern aber die Lichtstärke wenn sie zahlreich und groß sind. Merklich große Linsen sind selten ganz blasenfrei. Anders verhält es sich mit den Wellen; so nennt man nämlich jene meist krummen, verwaschenen Strichen ähnlichen Züge in einer Glasmasse, die denjenigen sehr stark gleichen, welche man im Wasser bemerkt, wenn man Weingeist hineingießt. Sie entstehen aus einer Bewegung der ungleich erwärmten und wahrscheinlich auch ungleichförmig gemengten flüssigen Glasmasse, welche beim Abkühlen noch die kenntlichen Spuren ihrer Ungleichförmigkeit beibehält. Die Wellen sind der Deutlichkeit der Bilder sehr nachtheilig und es ist eine Linse stets verwerflich, die besonders um die Axe herum solche Wellen enthält. Sie sind bei Flintglaslinsen häufiger als bei denen aus Crownglas, jedoch bei letzteren leider auch viel öfter vorhanden als man gewöhnlich glaubt. Man erkennt sie oft sehr schwer und nur bei vieler Uebung mit bewaffnetem

Auge, nur wo sie häufig und groß sind, kann man sie bei einer oberflächlichen Betrachtung wahrnehmen. Nicht alle schaden gleich stark. Die langen streifenartigen Wellen sind viel schädlicher als die, welche von Bläschen ausgehen. — Das beste Mittel, eine Linse auf Wellen zu untersuchen, ist, sie so gegen eine Kerzenflamme zu halten, daß das Bild sich über die ganze Glasfläche erstreckt und sie sehr stark beleuchtet. Nicht selten gehen die Wellen von kleinen länglichen Bläschen aus, an denen die Welle gleichsam eine schweifartige Verlängerung bildet. Darum muß man bei Prüfung einer Linse in dieser Beziehung die Umgebung solcher Bläschen besonders sorgfältig ins Auge fassen. — Linsen bestehen oft aus Glas, das schnell abgekühlt ist, und sind darum ungleich dicht. Man erkennt dieses am besten, wenn man sie in polarisirtes Licht stellt und sie wie einen Seebeck'schen Würfel ansieht. Gleichförmig dichtes Glas zeigt da keine Spur einer Färbung, während bei einer geringen Ungleichheit der Dichte eine solche stets bemerkbar wird, besonders wenn man die Linse bei verschiedenen Stellungen gegen die Polarisationsebene betrachtet. Manchmal bewirkt eine ungleiche Spannung in der Fassung oder ein zu starkes oder ungleiches Anziehen der Schrauben eine Compression des Glases, wodurch es fähig wird, im polarisirten Lichte sich als ungleich dicht darzustellen. Doch kehrt die natürliche Dichte meist wieder zurück, wenn man die Schrauben etwas lüftet. Achromatische Doppellinsen sind diesem Fehler gar oft unterworfen, wenn sie aus den Händen von Optikern kommen, welche die beiden Bestandlinsen sich unmittelbar berühren lassen, und sie überdieß festschrauben. — Eine Linse muß gut centrirt sein, d. h. ihr optischer Mittelpunkt muß in ihrer Axe liegen. Convexe Linsen die am Rande ganz ausgeschliffen sind, müssen demnach bei vollkommener Rundung einen gleich scharfen Rand haben, oder wenn die Schärfen weggenommen sind, allenthalben gleich dick erscheinen. Dasselbe muß auch an Hohllinsen eintreten, wenn sie centrirt sein sollen. Demnach wird von einer gut centrirten Linse gefordert, daß sie in jedem Kreise, dessen Mittelpunkt in die Axe fällt, durchaus gleich dick sei, und die Untersuchung dieser Dicke wird das beste Mittel, die Centrirung zu prüfen, abgeben. Sie muß aber mit einem ungemein empfindlichen Werkzeuge, nämlich mit dem sogenannten doppelten Fühlhebel vorgenommen werden, wenn sie zu einem genauen Resultate führen soll. Dieses auch zu andern Zwecken höchst brauchbare Instrument besteht aus zwei neben einander befindlichen ungleicharmigen zweiarmigen Hebeln, wie sie Fig. 183. darstellt, die gleichsam eine Zange bilden. Zwischen die kürzeren Schenkel, welche die Backen der Zange vorstellen, kommt die Linse, während die längeren über einer Scale sich befinden. Ist die Linse in eine Drehbank so eingespannt, daß ihre Axe in die Drehungsaxe der Spindel fällt, und wird sie um diese Axe langsam gedreht, so zeigt die Bewegung der längeren Hebelarme die geringste Ungleichheit der Linse an. Bei einer centrirten Linse bleiben diese vollkommen ruhig. — Eine so eingespannte Linse kann man noch auf eine andere Weise untersuchen. Stellt man nämlich in einiger Entfernung von ihr eine brennende Kerze und läßt dann die Linse umlaufen, so darf man nur

die an beiden Glasflächen reflectirten Bilder der Flamme genau beobachten, um sich vom Zustande der Centrirung der Linse zu überzeugen. Sind diese Bilder beim Rotiren der Linse vollkommen ruhig, so ist die Linse gut centrirt, ist dieses aber nur mit einem der Fall, während das andere sich bewegt, so ist die Fläche, zu welcher das bewegte Bild gehört, schlecht centrirt. Sollten sich gar beide Bilder bewegen, so hat die Linse überhaupt nicht die gehörige Lage an der Docke der Drehbank. — Man kann noch auf eine andere Weise durch die Lage der reflectirten Bilder die Centrirung einer Linse prüfen. Man stelle sie gegen einen weit entfernten leuchtenden Gegenstand so, daß die an beiden Flächen durch Reflexion entstandenen Bilder entweder sich decken, falls sie gleich groß sind, oder wenn dieses nicht der Fall ist, so daß das kleinere mitten in das größere fällt, und merke den Mittelpunkt des kleineren Bildes, den man, wenn dieses überhaupt sehr klein ist, wie es stets sein soll, leicht treffen wird, mit einem Tupf an. Hierauf kehrt man die Linse um und nimmt dieselbe Operation wieder vor, wodurch man einen zweiten Punkt bekommt, und jeder dieser zwei Punkte muß der Mittelpunkt des entsprechenden kreisförmigen Umfanges der Linse sein, wenn sie centrirt ist. — Das ganze Geschäft der Prüfung der Centrirung setzt freilich voraus, daß die krummen Flächen der Linsen Kugelflächen seien, welches wohl bei kleinen Linsen meistens der Fall ist, bei großen aber, wo auch die richtige Centrirung am schwersten zu erreichen ist, gibt es oft bedeutende Abweichungen von der Kugelgestalt. Diese kommen häufig vom unzweckmäßigen Verfahren beim Poliren her, wohl auch von einem unbedachtsamen Einspannen der Glasmasse beim Schleifen. Meistens kittet man diese Masse an eine Handhabe, falls man sie aus freier Hand schleift, oder an den Radius der Schleifmaschine an. So wie man sie dabei fest an den warmen Kitt andrückt, geräth sie in eine unnatürliche Spannung, die beim Erkalten noch größer wird, und wenn sie nun auch vollkommen kugelförmig geschliffen wird, so verliert sie doch diese Form augenblicklich, sobald man sie vom Kitt losmacht, weil da die Glastheile wieder ihre natürliche Lage gegen einander annehmen. Eine andere Quelle, aus welcher eine Abweichung von der Kugelgestalt fließt, ist die Erwärmung an der im Schleifen begriffenen Glasfläche. F r a u n h o f e r, der allen Schwierigkeiten auf das Beste zu begegnen wußte, sorgte daher stets dafür, daß die Glasmasse, welche vor dem Schleifen nur eine Glasscheibe, wie sie beim sogenannten Senken entstanden war, vorstellte, nur mit ihrem eigenen Gewichte den weichen Kitt drückte und beim Schleifen ein beständiger Durchzug der Luft zwischen der Linse und dem Radius der Maschine stattfinden konnte. Deßhalb wurde eine Glasscheibe mit mehren im Kreise herum befindlichen Kitttropfen versehen, die zu schleifende Glasmasse darauf gelegt und beide zusammen an einen Ort gebracht, wo der Kitt sich erweichen und hierauf wieder fest werden mußte, ohne so zusammen zu sinken, daß sich beide Gläser berühren können. Nach diesem wird erst das Glas, welches als Basis diente, an den Radius der Maschine befestigt und zum Schleifen geschritten.

Um das Brechungsverhältniß des Glases zu bestimmen, aus welchem eine Linse besteht, bedient man sich folgenden Verfahrens. AB (Fig. 184.) ist ein Maßstab, auf welchem zwei senkrechte Säulchen C und D aufgerichtet sind, von denen das eine D feststeht und an der nach C gekehrten Seite ein flaches Scheibchen hat, während das andere C sich verschieben und in jeder Stellung mittelst einer Stellschraube befestigen läßt. Es ist zweckmäßig, wenn überdieß eine Schraube so angebracht ist, daß man mittelst derselben dem Säulchen C eine feine Bewegung ertheilen kann. C hat oben eine metallene Hülse, welche zur Aufnahme der Linse bestimmt ist. Läßt man nun von einem sehr weit entlegenen Gegenstande Licht auf diese Linse fallen, und nähert sie der Scheibe an D so weit, daß auf dieser das Bild des Gegenstandes rein und möglichst deutlich erscheint, so gibt die Entfernung der beiden Träger die Brennweite p der Linse und man findet nun aus dieser und aus der Größe der Radien r und r′ nach denen die Linse geschliffen, das Brechungsverhältniß n des Glases, aus welchem die Linse besteht, mit Hilfe folgender Formel:

$$n = 1 + \frac{1}{p\left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{r}\right)} \quad *)$$

Die Radien, nach denen die Oberflächen einer Linse geschliffen sind, kennt zwar stets der Verfertiger der Linse, aber nicht immer sind sie demjenigen bekannt, der sich einer Linse bedienen will, daher man auf ein Mittel denken muß, dieselben aus der Untersuchung der Linse selbst

*) Diese Formel folgt unmittelbar aus der oben gefundenen, nach welcher

$$(n - 1)\left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r}\right) = \frac{1}{p}$$

war, durch Herausstellung des Werthes von n. Für diejenigen, welche mathematische Kenntnisse besitzen, stehe hier noch ein genaueres Verfahren nach Baumgartners Beschreibung.

Durch das vorhergehende Verfahren lernt man den Brechungsexponenten für eine Linse nie so genau kennen, als es in vielen Fällen nöthig ist; darum ist es gut ein Mittel zu kennen, wodurch man aus dem beiläufigen Werthe von n den genauen findet. Dieses Verfahren hat zuerst Stampfer angewendet; es beruht auf Folgendem: Wenn von einem leuchtenden Punkte Strahlen auf eine Linse fallen, so bringt ein Theil derselben in die Linse ein, erreicht ihre Hinterfläche, wird da zum Theile gegen die Vorderfläche reflectirt und durch diese neuerdings gebrochen. In der gehörigen Stellung sieht man daher das Bild des Gegenstandes in der Linse, und man kann von einem Punkte der Axe aus den Winkel messen, welchen die nach dem Objecte und nach dem Bilde gerichtete Gesichtslinie macht. Noch schärfer wird das Resultat, wenn man zwei von einem Punkte der Axe der Linse gleich weit abstehende Objecte wählt und die Winkel mißt, welche die nach beiden Objecten sowohl als nach beiden Bildern gezogenen Gesichtslinien mit einander einschließen, welche Winkel offenbar den doppelten Werth der

zu entnehmen. Boscovich gibt folgendes Verfahren an. Man leite in ein verfinstertes Zimmer mittelst eines Heliostats einen horizontalen Lichtbüschel, befestige aber an der Oeffnung am Fenster ein Blatt feinen weißen Papieres und über dieses ein zartes Haar. Ist nun die zu prüfende Linse eine Concavlinse, so halte man sie in den Lichtbüschel und nähere sie dem Fenster so weit, bis das durch Reflection entstandene Bild des Haares am Fensterladen neben demselben ganz deutlich und scharf erscheint. Da von einer hohlen Kugelfläche (als von einem Spiegel) die Strahlen nach dem Mittelpunkte der Kugel reflectirt werden; so ist folglich auch in dem eben angegebenen Falle, die Entfernung der Hohlfläche vom Orte des Bildes der Halbmesser derselben. Bei einer doppelt converen Linse ist die Untersuchung in einer der angegebenen ähnlichen Art etwas schwieriger. Hier muß man das von der hintern Fläche reflectirte Bild beobachten. Das Licht wird also auf der vordern Fläche der Linse zum Theil gebrochen, zum Theil zerstreut; das gebrochene Licht geht durch das Glas bis zur hintern Fläche und wird hier zum Theil zurückgeworfen. Dieses zurückgeworfene Licht wird beim Wiederaustritt aus der vorderen Fläche der Linse nochmals gebrochen, und sammelt sich nun erst zu einem durch Reflection entstandenen Bilde. Dieses Bild fällt aber, obschon von der hintern

---

vorhergehenden haben werden. Man ist nun im Stande, aus dem Wege des Strahles, von dem Punkte in der Are angefangen, von wo aus man die Winkel nahm, den genäherten Werth von n trigonometrisch zu berechnen, das Resultat der Rechnung mit dem der Messung zu vergleichen und hieraus auf die Verbesserung zu schließen, die an n vorzunehmen ist, um es auf den wahren Werth zu bringen. — Zum Messen der genannten Winkel bedient man sich am besten eines Theodoliths; als leuchtendes Object nimmt man am besten kleine, runde, an der innern Seite der Glastafel eines Fensters aufgeklebte Scheibchen aus schwarzem Papier mit einem Durchmesser von 1 — 3 L. Man thut gut, die Glastafeln von Außen mit feinem weißen Papier zu überziehen, um die Objecte hell und scharf genug zu sehen und das Fernrohr auf sie einstellen zu können. Die Linse befestiget man an ein Gestell, mittelst welchem man sie in horizontaler und verticaler Richtung etwas drehen kann. Sie soll wenigstens einen Durchmesser von 1 — 2 Zoll haben und es müssen sowohl ihre Krümmungshalbmesser als ihr Dicke genau bekannt sein. Man stellt sie immer so, daß die beiden an der Hinterfläche entstehenden Bilder in einem größten Durchschnitt des Glases und vom Rande gleich weit entfernt erscheinen. Man erhält die rechte Stellung leicht, indem man den Abstand der Bilder vom Rande mit dem Theodolith mißt. Daß die Objecte, der Theodolith und die Bilder in derselben Ebene liegen müssen, ist von selbst klar. — Es sei nun Fig. 185. eine beiderseits convere Linse, L eines der zwei Objecte, welches den Strahl LK auf die Linse sendet, der in K gebrochen wird, nach B gelangt, daselbst eine Reflexion nach A und hier eine Brechung nach M erleidet, wo sich der Theodolith befindet. Das zweite Object Q gibt ein ähnliches Bild in der Richtung MP. Die zu messenden Winkel sind nun $QML = 2\alpha$, $AMP =$

Fläche reflectirt, nicht in den Mittelpunkt der Kugel, von welcher jene Fläche ein Abschnitt ist, weil zweimalige Brechung die Richtung der Strahlen geändert hat. Das Brechungsverhältniß n des Glases muß bekannt sein, um jene Aenderung in Rechnung bringen zu können. Nennt man den Radius der einen convexen Fläche r, den der andern r', und die Entfernung des reflectirten Bildes, welches durch die Fläche von dem Radius r gebildet wird b, die Entfernung des reflectirten Bildes, wel-

---

2β. Die zu messenden Entfernungen, ME, welche nahe gleich MA ist = A, ML = MQ = B. Aus der trigonometrischen Berechnung des Weges des Strahles von M aus, ergeben sich folgende Gleichungen, bei denen die rechts stehenden nur kürzer ausgedrückte Werthe der links stehenden sind: (f und g sind die Radien der Linse)

1) Für die brechende Vorderfläche:

$\sin MAC = \frac{CM. \sin AMC}{CA}$ d. h. $\sin a = \frac{A + f}{f} \sin \beta$

$\sin MAD = \frac{\sin MAC}{n}$ „ $\sin a_1 = \frac{\sin a}{\mu}$

$ADC = MAx - AMD - CAD$ „ $\varphi = a - \beta - a_1$

$DC = \frac{CA \sin DAC}{\sin ADC}$ „ $D = \frac{f \sin a_1}{\sin \varphi}$

2). Für die reflectirende Hinterfläche.

$\sin HBD = \frac{HD \sin BDH}{HB}$ d. h. $\sin b = \frac{\sin \varphi (f + g - c + D)}{g}$

$BGD = ABG - BDG$ „ $b_1 = 2b - \varphi$

$HG = \frac{HB \sin HBG}{\sin HGB}$ „ $E = \frac{g \sin b}{\sin b_1}$

3) Für die zum zweitenmale brechende Vorderfläche.

$\sin GKC = \frac{GC \sin CGK}{KC}$ d. h. $\sin e = \frac{(f + g - c - E)}{f} \sin b_1$

$\sin LKy = n \sin GKC$ „ $\sin e_1 = n \sin e$

$HNK = NKC + NGK - GKC$ „ $\psi = e_1 + b_1 - e$

$NC = \frac{KC \sin NKC}{\sin KNC}$ „ $F = \frac{f \sin e_1}{\sin \psi}$

Die von L auf die Axe gezogene Senkrechte LO läßt sich nun aus dem Vorhergehenden berechnen, aber auch aus den gemessenen Werthen finden. Mittelst des letzteren Mittels hat man

$$LO = B \sin \alpha$$

Mittelst des ersteren wird $ON = OM + ME + EC - CN = B \cos \alpha + A + f - F$ bekannt, und daher ist auch

$$LO = ON \tang \psi = (B \cos \alpha + A + f - F) \tang \psi$$

als gegeben anzusetzen.

Ist demnach für n der wahre Werth gewählt worden, so hat man

$$(B \cos \alpha + A + f - F) \tang \psi - B \sin \alpha = 0.$$

ches durch die Fläche von dem Radius r′ gebildet wird b′, endlich die Brennweite der Linse p, so findet sich

$$n = \frac{(b + b')\ p - b b'}{(b + b')\ p - 2\ b b'}$$

und hat man n berechnet, so dienen die Formeln:

$$\frac{1}{b} = \frac{n - 1}{r} + \frac{n}{r'} \quad \text{und}$$

$$\frac{1}{b'} = \frac{n - 1}{r'} - \frac{n}{r}.$$

um die Werthe von r und r′ zu berechnen.*)

Oben wurde schon ein Verfahren die Brennweite einer Linse zu finden angegeben. Ein anderes gibt Maskelyne an. Man richte ein gutes dioptrisches Fernrohr auf einen sehr weit entfernten Gegenstand, z. B. auf den Mond, und stelle das Ocular so, daß man ihn deutlich sieht. Hierauf bringe man die Linse, ohne das Ocular zu verrücken, vor das Objectiv des Fernrohres und stelle in einiger Entfernung davon ein mit kleinen Lettern gedrucktes Buch auf, regulire dessen Entfernung von der Linse so, daß man es durch das Fernrohr lesen kann. In diesem Falle gelangen von jedem Punkte der Schrift paral-

---

Hat man aber für diesen Ausdruck für einen Werth, von n erhalten u, für n + dn aber u_1, so wird durch Interpoliren für den wahren Werth von n_1

$$n_1 = n + \frac{u\, dn}{u - u_1}$$

Für concave Linsen gelten dieselben Formeln, wenn man den Halbmesser der hohlen Fläche negativ nimmt.

*) Eine besondere Schärfe gestattet das von Stampfer angegebene Verfahren, das auch auf der Reflection des Lichtes beruht. Es ist demjenigen ähnlich, wodurch man das Brechungsverhältniß einer Linse bestimmt, und unterscheidet sich von demselben nur dadurch, daß man hier nur die durch Reflexion an der vorderen Glasfläche entstehenden Bilder mißt. Um es zu verstehen, sei AB Fig. 186. ein Durchschnitt der zu untersuchenden sphärischen Fläche, C ihr Mittelpunkt, D und E zwei Objecte, die ihr Licht auf AB senden und wovon die von F und G reflectirten Strahlen nach H gesendet werden, wo sich ein Theodolith befindet, in dessen Fernrohr die Strahlen FH und GH gelangen können. Liegen nun die Punkte D, F, G, E, H in derselben Ebene, D und E von H gleich weit entfernt, so daß HD = HE ist und mißt man mittelst des Theodoliths die Winkel EHD = 2 DHx = 2α, FHG = 2 FHC = 2β, so kann man daraus mittelst der Entfernung DH = A, und HK = B den doppelten Einfallswinkel HFy = 2 D und mittelst desselben den Halbmesser CK = ϱ berechnen.

lele Strahlen ins Fernrohr und die Entfernung des Buches von der Linse ist deren Brennweite.

Der Oeffnungsdurchmesser und die Dicke in der Mitte einer Linse können unmittelbar mit dem Cirkel abgemessen werden. Die letztere läßt sich aber auch durch Rechnung aus der (gemessenen) Randdicke und den Halbmessern bestimmen. Ist Fig. 187. eine Linse, ab ihre Randdicke, fh ihre Dicke in der Mitte, so ist $fh = ab + (fg + eh)$. Heißen die Halbmesser p und q, die Oeffnung x, so ist $fg = \frac{1}{2}\frac{x^2}{p}$, $he = \frac{1}{2}\frac{x^2}{q}$; folglich $fg + he = \frac{1}{2}x^2\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q}\right)$; und wenn die gemessene Randdicke P heißt, die gesuchte Dicke in der Mitte $= P + \frac{1}{2}x^2\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q}\right)$.

Die verschiedene Brechbarkeit des farbigen Lichtes ist der Grund, daß bei jeder Brechung weißen Lichtes also auch bei der durch Linsen Farbenerscheinungen erregt werden. Wir wissen, daß wenn wir weißes Licht von einem Gegenstande durch ein Prisma gehen lassen, dasselbe so zerlegt wird, daß eine Reihe, einander nur zum Theil deckender farbiger Bilder entstehen. S. d. Art. Brechbarkeit. Nun haben wir aber schon oben die Wirkung der Linse auf die des Prisma zurückgeführt und so ist es natürlich, daß wir auch in Bezug auf die Farbenerscheinungen eine ähnliche Wirkung der Linsen wie der Prismen gewahren. Stellt Fig. 188. AB einen Gegenstand vor, welcher weißes Licht auf die doppelt convexe Linse CD entsendet, so entsteht hinter dieser Linse in der That nicht wie bisher angenommen wurde Ein Bild des

---

Es ist nämlich, wenn man annäherungsweise $HF = HK$ setzt:

$$HF : HD = \sin HDF : \sin HFD$$

oder

$$B : A = \sin(\alpha + \beta - 2\gamma) : \sin 2\gamma$$

und hieraus

$$\tang 2\gamma = \frac{A \sin(\alpha + \beta)}{B + A\cos(\alpha + \beta)}$$

ferner

$$HF : FC = \sin FCH : \sin FHC$$

oder

$$B : \varrho = \sin(\gamma - \beta) : \sin\beta$$

und daraus

$$\varrho = \frac{B \sin\beta}{\sin(\gamma - \beta)}$$

Diese Methode ist auf alle Linsen anwendbar, deren Halbmesser nicht viel unter 2 Z. ist, für kleinere läßt sie sich, wie sie hier dargestellt wurde, nicht mehr anwenden. Die Linse wird aufgestellt, wie S. 393. Anm. gelehrt wurde, und die Wahl der leuchtenden Punkte wird ebenfalls nach der dort angegebenen Weise getroffen.

Gegenstandes, sondern es entstehen unzählige von verschiedener Größe eines hinter dem andern, unter denen man 6 als von verschiedener Farbe unterscheiden kann. Die Ränder dieser Bilder liegen nicht in gerader Linie. Das größte unter ihnen ist das rothe rr′, das kleinste das violette nn′; zwischen diesen liegen die übrigen. Man ersieht schon aus der Zeichnung, daß sich diese Bilder in der Mitte decken, hier sind also alle Farben wieder zu weiß geeint, während am Rande der gelbe und rothe Rand merklich die übrigen Farbenbilder überragen. So kommt es denn, daß jedes durch eine convexe Linse von einem Gegenstand gegebene Bild, diesen zwar in seinen natürlichen (bei Ausstrahlung oder Zurückwerfung weißen Lichtes ihm eigenthümlichen) Farben zeigt, aber äußerlich umgeben von einem rothgelben Saume. Wäre der Gegenstand nach Innen offen und begrenzt, wie ein Ring, so würde sein Bild innerlich von einem bläulichen und violetten Saume eingefaßt erscheinen, denn von dieser Seite steht, wie aus den Vorhergehenden folgt, der blaue und violette Strahl vor. Wenn endlich dem Auge O das Bild eines Gegenstandes AB (Fig. 189.) vor der Linse CD erschiene, so müßte in Betreff des farbigen Randes das umgekehrte stattfinden. Hier ist das rothe Bild rr′ der Linse am nächsten, das violette vv′ dagegen am weitesten entfernt, und daher jenes unter allen am kleinsten, dieses am größten, weßwegen letzteres über die andern hervorragen und einen bläulich violetten Saum erzeugen muß.

Da man sich nun der Linsen vorzugsweise (namentlich in Fernröhren) bedient, um die durch sie erzeugten Bilder der Gegenstände zur Anschauung zu bringen, so ist klar, daß die farbigen Ränder sehr störend sind und man hat sich daher große Mühe gegeben, ihre Bildung ganz oder zum Theil zu verhindern. Newton hielt es aber für unmöglich diese Farbenbildung zu verhindern, weil jede Brechung von Farbenzerstreuung begleitet sei und zwar, je größer das Brechungsvermögen eines Körpers sei, in demselben Maße auch die durch denselben bewirkte Farbenzerstreuung größer sei. Statt der Fernröhre mit Ocular und Objectivlinsen empfahl daher Newton die Spiegelteleskope und suchte diesen den größten Grad von Vollkommenheit zu geben. Indeß ohne die, wie sich später zeigte, unrichtige Annahme Newtons zu widerlegen, sprach doch Euler die Vermuthung aus, daß durch gewisse Zusammensetzungen verschiedener Mittel eine Aufhebung der Farbenerscheinung möglich sein müsse, indem im menschlichen Auge, in welchem doch ebenfalls Brechung durch eine Linse stattfände, die Gegenstände nicht mit Farbenrändern umgeben scheinen, welches keine andere Ursache haben könne, als diese, daß die verschiedenen Flüssigkeiten im menschlichen Auge so geordnet wären, daß durch dieselben die Ausbreitung und Zerstreuung der Vereinigungspunkte gänzlich aufgehoben würden. Diesen letzten Satz hat zwar Maskelyne zu widerlegen gesucht, indeß wurde die Möglichkeit der Herstellung von Linsengläsern ohne Farbenzerstreuung, sogenannter achromatischer (griech., farbloser) Linsen bald durch die Ausführung selbst bestätigt. Die Unrichtigkeit der Newtonschen Behauptung wurde von Klingenstierna dargethan, und gezeigt, daß verschiedene Stoffe nicht in demselben Verhältniß, in welchem sie das

Licht ungleich brechen, auch Farbenzerstreuung bewirkten. Der Engländer John Dollond stellte nun in dieser Beziehung Versuche an und kam durch dieselben zur Erfindung der achromatischen Linsen und Fernröhre. Er nahm zwei Glasstreifen, kittete sie an ihren Rändern so zusammen, daß daraus ein prismatisches Gefäß entstand, wenn die Oeffnungen an den Grundflächen verschlossen wurden. Die Schärfe kehrte er unterwärts, stellte in das Gefäß ein gläsernes Prisma mit einer seiner Schärfen aufwärts und füllte den übrigen Raum mit Wasser an. So wie er fand, daß das Wasser das Licht mehr oder weniger als das Glas brach, so verminderte oder vergrößerte er den Winkel der Glasscheiben, bis er beide Brechungen einander gleich fand, welches geschah, wenn ein Object durch das doppelte Prisma betrachtet weder sich zu erhöhen noch zu senken schien. In diesem Falle waren die Brechungen sich gleich und die ausfahrenden Strahlen den einfahrenden parallel. Nach Newton hätte nun mit der Ablenkung durch Brechung zugleich die Farbenzerstreuung aufgehoben sein müssen; das Object hätte in seinen natürlichen Farben erscheinen müssen. Dieß war aber nicht der Fall, sondern das Object erschien eben so stark mit Farbensäumen umgeben, als wenn es durch ein Prisma mit einem brechenden Winkel von etwa 30° betrachtet worden wäre. Nun suchte Dollond umgekehrt eine Brechung ohne Farbenzerstreuung zu bewerkstelligen, welches ihm in folgender Weise gelang. Er schliff ein Glas aus gemeinem Tafelglase so, daß der Winkel desselben etwa 9 Grad betrug, stellte dieses wie vorher in ein keilförmiges Gefäß mit Wasser, dessen Winkel er so lange vergrößerte, bis die Zerstreuung des Lichtes durch das Wasser so groß war, als die durch das Glas, d. h. bis das Object, ungeachtet es wegen der stärkeren Brechung durch das Wasser sehr verrückt erschien, dennoch von den Farben, welche die verschiedene Brechbarkeit des Lichtes erzeugt, frei blieb. Nun machte Dollond die Bemerkung, daß auch verschiedene Glassorten das Licht in anderen Verhältnissen brechen, als sie Zerstreuung in Farben bewirken. Namentlich fand er daß Kronglas das Licht am wenigsten, weißes Flintglas dagegen am meisten zerstreut, obgleich die Brechungen beider Glasarten fast gleich sind. Dollond stellte daher zuerst ein achromatisches Prisma aus Kron- und Flintglas her, wovon jenes einen brechenden Winkel von 30°, dieses einen Winkel von 19° hatte.

Um noch klarer einzusehen, auf welche Weise beim achromatischen Prisma die Farbenaufhebung erfolgt, stelle man folgende Betrachtung an. Das Sonnenlicht ist weiß, weil die verschiedenen Farbenstrahlen parallel in ihm sind und zugleich in unser Auge dringen. Das Prisma, durch welches ein weißer Sonnenstrahl geht, hebt die Parallelität der Farbenstrahlen aus denen er besteht auf. Eine Glastafel bringt bekanntlich keine Farbenzerstreuung hervor. Der Grund ist die doppelte Brechung des Lichtes beim Uebergange von Luft in Glas und dann wieder von Glas in Luft, welche wegen der Parallelität der gegenüberstehenden Seiten der Scheibe zur Folge hat, daß der ausfahrende Strahl dem einfallenden parallel ist. Legen wir daher zwei Prismen von derselben Glasart und gleichen brechenden Winkeln so aneinander, daß der

brechende Winkel des einen nach oben, der des andern nach unten zu stehen kommt, so wird ein durch beide Prismen fahrender Strahl, beim Austreten aus dem zweiten Prisma nicht farbig erscheinen, denn die Ebene in welcher er in das Glas einfiel, ist der Ebene aus welcher er austritt parallel und beide Prismen zusammen verhalten sich nur wie eine dicke Glasscheibe gegen das Licht; der ausfahrende Strahl ist dem einfallenden parallel. Wo keine Farben auftreten, sind die farbigen Lichtstrahlen sämmtlich unter einander parallel. Um daher ein achromatisches Prisma wirklich zu erhalten, muß man darauf ausgehen, durch eine Verbindung verschiedener Substanzen ein Prisma zu erhalten, bei welchem der austretende Strahl dem einfallenden nicht parallel ist, die Farben des austretenden Strahles aber unter einander parallel sind. Wenn daher ein Prisma A (Fig. 190.), welches den einfallenden weißen Strahl Sa in farbige Strahlen zerlegt, von denen die äußersten ab und ac sind, ein zweites B, welches aus einem gleich stark brechenden, aber mehr zerstreuenden Stoffe besteht (also z. B. wenn jenes von Kronglas, dieses von Flintglas ist), so gelegt wird, daß die brechenden Winkel eine entgegengesetzte Lage haben, so wird vom Prisma der violette Strahl ac in einem größeren Verhältnisse abgelenkt, als der rothe ab, und da die Ablenkung desselben Strahles in beiden Prismen nach entgegengesetzten Richtungen erfolgt, so wird es bei einem gewissen Verhältnisse der brechenden Winkel zum Zerstreuungsvermögen der Prismen dahin kommen, daß beide Strahlen cd und be nach dem Austritte aus den Prismen mit einander parallel werden. Dieses findet jedoch natürlich nur bei einem bestimmten Einfallswinkel des Lichtes statt, und es wird daher das Prisma nur bei diesem achromatisch sein. Aber auch hier wird der Achromatismus nicht ganz vollständig sein, weil nur die äußersten nicht alle Farbenstrahlen zur Parallelität gebracht worden.

Durch Frauenhofers Entdeckung der Striche im farbigen Sonnenbilde*) ist man erst in Stand gesetzt worden, bestimmte Stellen in demselben zu fixiren. Bemerkt man sich mit Hilfe dieser Striche einen genau im Sonnenbilde bestimmten rothen, grünen und violetten Strahl, deren erster dem einen Ende des Farbenbildes, der zweite der hellsten Gegend, der dritte dem letzten Ende desselben ziemlich nahe liegt, so findet man bei zwei von Frauenhofer angewendeten Glassorten folgende Brechungsverhältnisse:

beim Tafelglase: 1,5258; 1,5330; 1,5466,
beim Flintglase: 1,6277; 1,6420; 1,6711,

d. h., wenn ein weißer Lichtstrahl 1 Grad vom Einfallslothe abweichend die innere Seite des Glases erreicht, so ist für den in die Luft hervorgehenden Strahl der Winkel mit dem Einfallslothe:

---

*) S. d. Art. Farbe S. 346 flg.

1) beim Tafelglase =	1,526 Gr. =	1°.31′.32″	für den rothen,
	1,533 Gr. =	1°.31. 59	für den grünen,
	1,547 Gr. =	1. 32. 49	für den violetten;
2) beim Flintglase =	1,623 Gr. =	1. 37. 41	für den rothen,
	1,642 Gr. =	1. 38. 32	für den grünen,
	1,671 Gr. =	1. 40. 16	für den violetten;

Bei jenem ist die Abweichung des violetten vom rothen nur 77″, d. i. $\frac{77}{5520}$ ungefähr = $\frac{1}{71}$ der ganzen mittleren Brechung; bei diesem dagegen 155″, d. i. $\frac{155}{5910}$ ungefähr = $\frac{1}{38}$ zu der ganzen mittleren Brechung. Beim Flintglase also ist die Farbenzerstreuung größer als beim Tafelglase.

Aus dem Gesagten ist nun auch die Möglichkeit achromatischer Linsen klar. Wie man bei den Prismen die Farbenzerstreuung mit der Brechung zugleich völlig aufheben kann, so wird dieses auch der Fall bei den Linsen sein. Setzt man zwei Linsen aus demselben Glase, von denen die eine nach denselben Radien convex, nach denen die andere concav geschliffen ist, zusammen, so erhält man ein Glas mit parallelen Flächen, ähnlich einem Uhrglase. Hier wird der Strahl in derselben Richtung ausfahren, in welcher er einfällt und damit wird die Farbenzerstreuung verschwinden. Zugleich würde aber auch ein solches Glas seinen Zweck vollkommen verlieren, die Strahlen würden nicht gesammelt werden und ein solches Glas wäre z. B. zum Objectiv eines Fernrohres völlig unbrauchbar. Wieder muß man darauf ausgehen die Parallelität der ausfahrenden farbigen Strahlen möglichst herzustellen, ohne zugleich die Richtung des ganzen ausfahrenden Lichtstrahles der Richtung des einfallenden gleich zu machen. Dieses erreicht man, wenn man eine Convexlinse und eine Concavlinse aus verschieden das Licht zerstreuenden Glassorten, von denen aber das concave Glas nach einem größeren Halbmesser geschliffen ist, mit einander verbindet. Durch Hinzufügung eines solchen Concavglases zur Convexlinse wird der Vereinigungspunkt der Strahlen zwar weiter hinausgerückt aber nicht aufgehoben.

Für doppelt concave Linsen ist die Seite 384. angegebene Formel:

$$-\frac{1}{a'} = \frac{1}{p} + \frac{1}{a} \text{ d. h. } \frac{1}{p} = -\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a'}\right).$$

Hierin bezeichnet a die Entfernung des leuchtenden Punktes von der Linse, und die Lichtstrahlen divergiren von diesem Punkt nach der Linse zu. Nehmen wir aber jetzt an, daß zwischen dem leuchtenden Punkte und der Sammlungslinse, nahe an dieser, eine Convexlinse sich befinde, so fällt das Licht nicht mehr divergirend, sondern vermöge der Convexlinse convergirend auf die Hohllinse. Die Richtung der Strahlen ist diejenige, als ob sie von einem Punkte in der Entfernung der Brennweite des Convexglases auf die Hohllinse fielen. Die Formel der Convexlinse ist:

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$

und ist der leuchtende Punkt unendlich entfernt

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{a'}.$$

Das in der Formel für Concavlinsen stehende a ist folglich = p der Convexlinse und zugleich ist a negativ, weil nun das Licht convergirend auffällt, d. h. wie von einem Punkte kommend, der auf der entgegengesetzten Seite der Linse als vorher steht. Wir haben also die Formel der Concavlinse hinter einer Convexlinse stehend, wenn wir das p der Doppellinse zum Unterschiede p′ nennen:

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a'}.$$

Ist folglich $a' < p$ so ist p′ negativ, d. h. ist die Brennweite der Convexlinse größer als die der Concavlinse, so findet kein wirklicher Vereinigungspunkt statt, das System beider Linsen wirkt als eine Zerstreuungslinse; ist $p = a$ so ist $\frac{1}{p} = 0$, $p = \infty$ d. h. wenn die Brennweite des Convexglases gleich der des Concavglases ist, so vereinigen sich die Strahlen durch das System beider Linsen weder nach der einen noch nach der andern Richtung (man erhält, wie schon oben betrachtet, ein Glas mit parallelen Seitenflächen); ist aber endlich $a' > p$, so ist p′ positiv, d. h. wenn die Brennweite der Convexlinse kleiner als die der Concavlinse ist,*) so vereinigt das System beider Linsen die Strahlen in einem wirklichen Brennpunkte, und zur Bestimmung der Länge dieses Brennpunktes hat man die Formel:

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a'} \quad \text{oder}$$

$$p' = \frac{a'\,p}{a' - p}.$$

In dieser Formel bezeichnet also p′ die Vereinigungsweite der Doppellinse, a′ die Vereinigungsweite der Concavlinse allein, p die Vereinigungsweite der Convexlinse allein.

Bezeichnet Fig. 191. AB die Convexlinse, CD die Concavlinse, so würden sich vermöge AB, wenn CD fehlte, die Strahlen in F sammeln, das concave Glas schiebt den Brennpunkt etwa bis f hinaus. Wenn ferner die Convexlinse allein gewirkt hätte, so würde der Brennpunkt der rothen Strahlen ungefähr in F′, der der violetten

*) D. h. wenn die Flächen der Concavlinse nach einem größeren Halbmesser geschliffen sind als die der Convexlinse.

Strahlen in F'' liegen. Rückt nun der Brennpunkt der mittleren Strahlen durch Einwirkung der Concavlinse bis f hinaus, so ist klar, daß dieß Hinausrücken bei den rothen Strahlen weniger, bei den violetten mehr betragen wird; denn da die rothen hier in starkem Maße weniger als die gelben und grünen gebrochen werden, so rückt F' nicht in demselben Maße wie F hinaus, und umgekehrt findet für die violetten, die in starkem Maße mehr gebrochen werden, ein stärkeres Vorrücken statt, so daß es möglich ist, alle diese drei Brennpunkte völlig oder sehr nahe in Einem Punkte F zu vereinigen.

Gesetzt man habe eine convexe Linse von dem oben angeführten Tafelglase geschliffen nach dem Halbmesser = 60 Zoll, dann findet die Vereinigung der rothen Strahlen statt, in einer Entfernung von der Linse = 57,162, der grünen in einer Entfernung = 56,286 Zoll, der violetten in einer Entfernung = 54,888 Zoll. Ferner habe man eine hohle Flintglaslinse, deren Zerstreuungspunkt für rothes Licht in 98,90 Zoll, für grünes Licht in 96,73 Zoll und für violettes Licht in 134,90 Zoll Entfernung von der Linse liegt. Bedienten wir uns nur des Converglases, so würden folglich das violette und das rothe Bild 57,162 — 54,888 = 2,274 Zoll von einander fallen. Nehmen wir aber jetzt beide Gläser und sehen mit Hilfe unserer Formel, wohin nun die Brennpunkte der verschiedenen Farben fallen werden, so haben wir

die Formel $p' = \frac{a'\ p}{a' - p}$

und zwar sind die Werthe der Buchstaben

für rothes Licht $a' = 98,90$, " " " $p = 57,162$ folglich $p' = \frac{98,90 . 57,162}{98,90 - 57,162} = 135,4$

" grünes Licht $a' = 96,73$, " " " $p = 56,286$ folglich $p' = \frac{96,73 . 56,286}{96,73 - 56,286} = 134,6$

" violettes Licht $a' = 92,53$, " " " $p = 54,888$ folglich $p' = \frac{92,53 . 54,888}{92,53 - 54,888} = 134,9$

Man sieht wie das grüne und violette Licht fast ganz zusammenfallen, und wie auch nur die Differenz der Brennpunkte des rothen und violetten Lichtes (ohne Concavglas = 2,274 Zoll) viel geringer geworden ist, nämlich 135,4 — 134,9 = 0,5 Zoll. Je näher aber die Brennpunkte der farbigen Strahlen zusammenfallen, desto unbedeutender werden die Farbenränder des Bildes.

Es ist leicht zu übersehen, daß der Grund, aus dem, wenn die äußersten und mittleren farbigen Strahlen genau zusammenfallen, doch noch nicht ein so nahes Zusammentreffen der Farbenstrahlen vom entgegengesetzten Ende der Farbenreihe stattfindet, kein anderer ist als der, daß die Farbenzerstreuung in dem einen Glase nach anderen Verhältnissen als in dem anderen geschieht. So z. B. hatten wir oben ange-

geben, daß für den in die Luft hervorgegangenen Strahl der Winkel mit dem Einfallslothe sei:

1) beim Tafelglase =	1.° 31.′ 32″	für den rothen	Differenz = 27″
	1. 31. 59	für den grünen	
	1. 32. 49	für den violetten	Differenz = 50″
2) beim Flintglase =	1. 37. 41	für den rothen	Differenz = 51″
	1. 38. 32	für den grünen	
	1. 40. 16	für den violetten	Differenz = 104″

Wenn sich verhielte 27 : 50 = 51 : 104, welches nicht der Fall ist, so würde die Zerstreuung in dem Tafelglase in demselben Verhältnisse wie in dem Flintglase stattfinden. Da das Verhältniß aber ungleich ist, so lassen sich nicht alle Farbenstrahlen völlig vereinigen und die Optiker müssen sich daher begnügen, nur die lichtvollsten Farbenstrahlen möglichst gut zu vereinigen, damit die nicht genau in denselben Brennpunkt zu bringenden Strahlen als die schwächeren weniger nachtheilig sind. Nach Prechtl ist es am besten das an das Orange grenzende lebhafte Roth mit dem noch recht lichtvollen tiefen Blau zu vereinigen. Dann liegt zwar ein aus dem äußersten Roth und dem äußersten Violett gemischtes Bild ein wenig nach der einen Seite, und ein schwaches aus Grün und Gelb gemischtes Bild an der andern Seite des Brennpunktes, aber diese Bilder sind schwach, weil die meisten Strahlen der einen Hälfte des Farbenbildes mit den meisten der andern Hälfte fast ganz zusammenfallen. Diesen geringen und bei zwei Linsen nicht zu vermeidenden Rest von Farben (Chromatismus) bemerkt man bei Betrachtung des Mondes durch ein achromatisches Fernrohr daran, daß der Mond einen schwach purpurnen Rand hat, wenn das Ocular ein wenig zu sehr, einen schwach gelbgrünen Rand, wenn das Ocular nicht völlig weit genug herausgezogen ist. Ein bei achromatischen Linsengläsern noch übrig bleibendes Farbenbild, wird ein secundäres Farbenbild oder (lat.) Spectrum genannt. Man hat das secundäre Spectrum durch Anwendung dreifach zusammengesetzter Linsengläser zu vernichten gesucht und allerdings mit Erfolg. Man verband dann zwei convexe und Eine concave Linse, doch findet durch die öftern Uebergänge aus Glas in Luft, die nothwendig hierbei stattfinden, ein zu großer Lichtverlust statt, als daß die Anwendung solcher dreifachen Objective zu empfehlen ist.

Vergebens hat man bis jetzt zwei Stoffe gesucht, bei denen die gleichfarbigen Stellen ihrer Farbenbilder proportionirt wären, und aus denen sich daher vollkommen achromatische Linsen herstellen ließen. Blair und Barlow haben Versuche gemacht, eine mit Flüssigkeit gefüllte Linse der Glaslinse beizufügen, indem hier eine größere Mannigfaltigkeit offen steht, und vielleicht Mischungen verschiedener Flüssigkeiten so angeordnet werden können, daß dadurch der Zweck völliger Aufhebung der Farben erreicht würde. Frauenhofer hat hiergegen hauptsächlich eingewendet, daß eine kleine Temperaturänderung allemal eine Trübung des durch eine solche Linsenverbindung erzeugten Bildes

zur Folge haben werde, weil die ungleich erwärmten Theilchen der Flüssigkeit das Licht ungleich brechen würden. Zur Anwendung bei der Achromatisirung sind besonders Schwefelalkohol und Schwefelkohlenstoff empfohlen worden.

Die wichtigste Ausführung eines achromatischen Fernrohres mit Hilfe des Schwefelkohlenstoffes hat Barlow gemacht. Bei der gewöhnlichen Construction der achromatischen Fernröhre sind nämlich die Linsen, welche zum Objectiv vereinigt werden, in unmittelbare Berührung gebracht. Barlow wendete nun statt einer Flintglaslinse eine concave Correctionslinse an, welche aus zwischen Glas eingeschlossenem Schwefelkohlenstoff bestand, und sah sich durch das große Zerstreuungsverhältniß dieser Flüssigkeit in Stand gesetzt, die Correctionslinse so weit von der Tafelglaslinse zu entfernen, daß ihr Abstand davon die halbe Brennweite der letzteren oder noch etwas mehr beträgt. Der Vortheil ist, daß die Correctionslinse viel kleiner zu sein braucht als bei den gewöhnlichen achromatischen Linsen, weil die auf sie fallenden aus der Convexlinse kommenden Strahlen nach ihr zu convergiren, der ganze Strahlenkegel je weiter entfernt von der Convexlinse desto spitzer zuläuft.*) Wie in neuster Zeit ein ähnlicher Vortheil durch die dialytischen Fernröhre von Plössl erreicht worden ist, s. im Art. Fernrohr S. 405.

Viele Versuche über Stoffe, welche sich zu achromatischen Apparaten anwenden lassen, sind von Brewster angestellt worden. Derselbe hat die untersuchten Stoffe in einer Tabelle zusammengestellt, so daß je zwei dieser Stoffe zusammen ein secundäres Spectrum mit vorherrschendem Grün geben, und daß dieses Spectrum um so größer erscheint, je weiter die zwei Körper in dieser Tabelle von einander abstehen. Je näher bei einander je zwei dieser Stoffe in der Tafel stehen, desto tauglicher sind sie zu achromatischen Apparaten. Die Tafel ist folgende:

---

*) Die Beschreibung des Barlow'schen Fernrohres ist folgende: Die Oeffnung desselben ist 7,8 Z., d. i. ungefähr 1 Z. größer als bei irgend einem in England existirenden Refractor. Sein Rohr ist 11 Fuß, und das Rohr des Oculares mit inbegriffen, 12 Fuß lang, seine wirkliche Focalkraft aber 18 Fuß. Die Vergrößerung ist 700 fach. Die convexe Glaslinse hat 78 Zoll Brennweite, die flüssige Linse 59,8 Zoll Brennweite. Sie ist in 40 Zoll Entfernung hinter der ersten angebracht. Die Gläser von gleicher Dicke zwischen welchen die Flüssigkeit eingeschlossen ist, um die biconvexe Linse zu bilden, haben, das eine 30, das andere dem Oculare zugekehrte, 144 Zoll Krümmung. Die Flächen der convexen Glaslinse anlangend, so hat die eine derselben 56,4 Zoll, die andere 144 Zoll Krümmung. Das Rohr besteht aus 3 Stücken, jedes zu 3 Fuß 8 Zoll Länge, zusammen von 11 Fuß Länge, während das Ocularrohr 1 Fuß lang ist. Die beiden ersten Röhrenstücke sind fest mit einander vereinigt, das dritte wird eingeschraubt und trägt eine kleine Röhre, welche in die erste hineintritt, 3 Fuß 6 Zoll Länge, 5 Zoll Durchmesser hat, in zwei inneren Ringen verschiebbar ist und die flüssige inse trägt.

Stoffe.	Stoffe.
1. Schwefelsäure.	45. Nußöl.
2. Phosphorsäure.	46. Sebenbaumöl.
3. Schweflige Säure.	47. Rautenöl.
4. Phosphorige Säure.	48. Buchelöl.
5. Schwefelwasserstoffsäure.	49. Salpeter.
6. Wasser.	50. Diamant.
7. Eis.	51. Harz, gemeines.
8. Weißes vom Ei.	52. Copalgummi.
9. Bergkrystall.	53. Castorfett.
10. Salpetersäure.	54. Chamillenöl.
11. Blausäure.	55. Dillsamenöl.
12. Salzsäure.	56. Wermuth.
13. Salpetrige Säure.	57. Majoranöl.
14. Essigsäure.	58. Bergamotöl.
15. Apfelsäure.	59. Pfeffermünzöl.
16. Zitronensäure.	60. Thymianöl.
17. Flußspath.	61. Muscatnußöl.
18. Topas (blauer).	62. Feldkümmelöl.
19. Beryll.	63. Limoniöl.
20. Selenit.	64. Bernstein.
21. Leucit.	65. Frauenmünzöl.
22. Turmalin.	66. Hyssopöl.
23. Borax.	67. Mohnöl.
24. Boraxglas.	68. Flohkrautöl.
25. Aether.	69. Salbeiöl.
26. Alkohol.	70. Terpentinöl.
27. Arabisches Gummi.	71. Canadabalsam.
28. Crownglas.	72. Lavendelöl.
29. Mandelöl.	73. Salzsaurer Spießglanz.
30. Weinsteinsaures Kali und Soda.	74. Gewürznelkenöl.
	75. Fenchelsamenöl.
31. Wacholdergummi.	76. Rothes Glas.
32. Steinsalz.	77. Orangefarbiges Glas.
33. Kalkspath.	78. Opalfarbiges Glas.
34. Bernsteinöl.	79. Bleizucker, geschmolzen.
35. Wachholderöl.	80. Ambra.
36. Spermacetöl.	81. Sassafrasöl.
37. Rübsöl.	82. Kümmelöl.
38. Olivenöl.	83. Aniessamenöl.
39. Zirkon.	84. Bittermandelöl.
40. Flintglas.	85. Kohlensaures Blei.
41. Rhodiumöl.	86. Tolubalsam.
42. Roßmarinöl.	87. Schwefelalkohol.
43. Bocksbornöl.	88. Schwefel.
44. Copaivabalsam.	89. Ricinusöl.

Die Achromatisirung hat zum Zweck die Abweichung wegen der Brechbarkeit aufzuheben; es kommt bei den Linsen aber noch eine zweite, die Abweichung wegen der Kugelgestalt (s. d. Art. Abweichung S. 24.) vor, welche möglichst zu beseitigen ist. Es ist schon oben davon die Rede gewesen, wie namentlich die weiter nach dem Rande zu auf die Linse fallenden Strahlen nicht genau in einen Punkt sondern in eine Linie, die Brennlinie zusammenfallen. Natürlich ist diese Abweichung um so bedeutender, einen je größeren Kugelabschnitt die Flächen der Linse bilden, also in Fernröhren namentlich bei bedeutend großer Oeffnung des Objectivs. Nach Herschel d. J. läßt sich diese Abweichung an einem einzelnen Glase nicht genau aufheben, ist jedoch bei einem doppelt-convexen und bei einem doppelt-concaven Glase möglichst klein, wenn der Radius der Hinterfläche 6 bis 7 mal so groß als der Radius der Vorderfläche ist. Herschel hat jedoch Formeln und Beispiele für die Rechnung angegeben, nach denen sich die Verhältnisse der Radien für zwei verbundene dünne sich berührende Linsen bestimmen lassen, bei deren Verbindung die Abweichung gänzlich wegfällt. Ein von aller Abweichung freies Glas, bei welchem beide Arten der Abweichung vermieden sind, heißt ein aplanatisches (v. d. griech. α privat. und πλανάω irren).

Herschel hat eine kleine Tafel berechnet, welche die den verschiedenen Zerstreuungsverhältnissen angemessenen Radien angibt, und Barlow hat dieselbe vervollständigt. Hiernach kann man in jedem einzelnen Falle die vorzüglich brauchbare Gestalt der Gläser bestimmen. Man findet dieselbe nebst einer Anleitung zum Gebrauche in „Prechtl's praktische Dioptrik, als vollständige und gemeinfaßliche Anleitung zur Verfertigung achromatischer Fernröhre." (Wien 1828.) Ebendaselbst findet man auch nähere Angaben über das Schleifen und Poliren der Gläser. Statt des Glases hat man sich auch anderer durchsichtiger Substanzen zu Verfertigung von Linsen bedient. Der mit einer Flüssigkeit gefüllten hohlen Glaslinsen ist schon gedacht worden. Pritchard hat aber auch aus Diamant und aus Sapphir Linsen geschliffen. Diese Edelsteine haben ein stärkeres Brechungsvermögen als Glas, und man kann daher aus ihnen Linsen nach größeren Radien schleifen, die eben so viel leisten wie Glaslinsen nach kürzeren Radien, während die wie wir gesehen haben mit der Größe der Radien zusammenhängende Abweichung wegen der Kugelgestalt demgemäß geringer ist. Der ausgebreiteteren Einführung dieser Edelsteinlinsen steht nur im Wege der hohe Preis, den sie haben, indem eine Sapphirlinse 2 bis 6 Guineen, eine Diamantlinse 6 bis 12 Guineen kostet. Cauchoix hat achromatische Fernröhre gefertigt, in denen die Kronglaslinse durch eine Linse von Bergkrystall ersetzt ist. Diese Fernröhre sollen sich vor den gewöhnlichen bei gleicher Deutlichkeit und größerer Helligkeit durch geringere Länge auszeichnen.

Lithium (v. d. griech. λίθος Stein) heißt ein leichtes Metall, welches als Basis eines von Arfwedson 1817 entdeckten reinen Alkali's, des Lithon, angenommen wird, bis jetzt aber nur erst unvoll-

kommen durch Elektricität von Brande dargestellt worden ist. Das Alkali hat man bis jetzt nicht häufig gefunden im Petalith, Spodumen, Amblygonith, Lepidolith und Apyrith. Berzelius hat es im Karlsbader Mineralwasser entdeckt, und man hat es seitdem auch in mehren anderen Mineralwässern nachgewiesen. Im geschmolzenen Zustande (als Hydrat) ist es eine weiße durchsichtige Masse, welche stark alkalisch schmeckt und reagirt, ätzend, leicht schmelzbar, nicht flüchtig ist. Es zerfließt an der Luft, löst sich im Wasser, aber minder leicht als Kali und Natron. Mit Säuren bildet es die Lithonsalze, welche farblos und im Wasser löslich sind. Weingeist, in welchem Lithonsalze gelöst sind, brennt mit Purpurflamme.

Lösungen oder Auflösungen heißen tropfbar flüssige chemische Verbindungen, welche durch Vereinigung fester und flüssiger Stoffe oder durch Vereinigung mehrer Flüssigkeiten entstehen. Der flüssige Stoff wird das Lösungsmittel oder das Auflösungsmittel genannt, der feste Stoff der zu lösende oder aufzulösende Körper. Der letztere kann auch flüssig sein, wie z. B. bei Lösung eines ätherischen Oeles in Weingeist, und zuweilen ist schwer zu bestimmen, welcher von zwei in einer Lösung sich verbindenden Stoffen das Auflösungsmittel sei und welcher der zu lösende Körper, z. B. bei Verbindung von Wasser und Weingeist. Das Lösungsmittel nimmt in der Regel nur eine bestimmte Quantiät des zu lösenden Körpers auf, nach dessen Aufnahme es keinen Einfluß mehr auf den zu lösenden Körper äußert, und eine gesättigte Lösung oder Auflösung heißt. Die Größe der aufzunehmenden Quantität des zu lösenden Körpers ist zum Theil von der Temperatur abhängig, so daß z. B. ein Lösungsmittel mehr von einem Stoffe bei hoher als bei niedriger Temperatur aufnimmt, jeder Temperatur folglich ein anderer Sättigungszustand entspricht. Umgekehrt sind aber einige Stoffe, z. B. reiner und citronensaurer Kalk, reine, kohlensaure und phosphorsaure Magnesia u. a. in der Kälte in Wasser löslicher als in der Hitze. Bei noch anderen Stoffen nimmt die Löslichkeit mit der Temperatur zu, ist bei einem gewissen Grade am höchsten (z. B. des Natrons in Wasser bei 26° R.) und nimmt bei noch höheren Temperaturen wieder ab. Eine Flüssigkeit die schon einen Stoff bis zur Sättigung in sich aufgenommen hat, pflegt häufig auf einen dritten Stoff wieder zu wirken.

Man unterscheidet auch zwischen Lösungen und Auflösungen. Unter jenen versteht man dann Mischungen des ersten Grades, chemische Gemenge, d. h. losere chemische Verbindungen, in denen man die einzelnen Bestandtheile zwar niemals durch das Auge, wohl aber noch durch Geschmack und Geruch unterscheiden kann. Ein Beispiel gibt in schwachem Weingeist gelöstes Kochsalz. Zu diesen Verbindungen vereinigen sich die Stoffe entweder in allen beliebigen Verhältnissen oder es zeigt nur das Lösungsmittel Sättigung. Der gelöste Körper kann jede beliebige Menge von dem Lösungsmittel aufnehmen. Die Sättigung hängt überdieß in angezeigter Weise von der Temperatur ab. — Die Auflösung, Mischung des zweiten Grades, Ei-

nung, feste chemische Verbindung ist eine so innige Vereinigung zweier Stoffe, daß sie einzeln in der Mischung mit keinem unserer Sinne wahrzunehmen sind. Beide Stoffe verbinden sich in bestimmtem Verhältnisse, d. h. sättigen sich gegenseitig, und die Sättigung ist von der Temperatur nicht abhängig. Der durch die gegenseitige Sättigung entstehende Stoff erscheint als ein neuer, keinem der beiden in Verbindung getretenen Stoffe ähnlicher, und daher wird der Sättigungspunkt auch Neutralität (v. d. lat. neuter keiner von beiden) genannt. Wird auf den Mischungen des zweiten Grades dennoch ein Bestandtheil noch sinnlich wahrgenommen, so sagt man derselbe herrsche vor oder (lat.) prädominire. Die Verbindungen der zweiten Klasse nehmen in der Regel beim Festwerden krystallinische Gestalt an, welches niemals bei den Verbindungen der ersten Klasse stattfindet.

Jede Auflösung und Lösung muß durchaus homogen (gleichmäßig in ihren kleinsten Theilen) und klar sein, ist sie trübe so findet zugleich Mengung statt. Die Lösungen und Auflösungen auf nassem Wege werden von denen auf trockenem Wege unterschieden. Bei jenen ist das Lösungsmittel bei gewöhnlicher Temperatur tropfbar flüssig, bei diesen muß wenigstens einer der in Verbindung zu bringenden Körper durch Temperaturerhöhung flüssig gemacht, geschmolzen werden. — Die Verflüchtigung kann angesehen werden als eine Lösung fester oder tropfbarflüssiger Körper in ausdehnsame Flüssigkeiten (Luft); die Absorption als eine Lösung ausdehnsamer Flüssigkeiten in tropfbarflüssigen oder festen Körpern.

Löthrohr ist eine Vorrichtung, um eine starke Hitze im Kleinen hervorzubringen, und besteht in einem Rohre (Fig. 192.) welches dazu dient die Flamme eines Lichtes seitwärts zu blasen, so daß sie in eine scharfe Spitze ausgeht in welcher sich die Hitze der Flamme concentrirt und nun auf einen dagegen gehaltenen Gegenstand wirkt. Um bequem blasen zu können und den störenden Einfluß des mit dem Athem zugleich aus dem Munde gehenden Speichels zu vermeiden, gibt man ihm folgende Gestalt. Es besteht aus 3 Stücken: einem längeren nach oben sich erweiternden Rohre b (Fig. 193.), einem Gefäße, Wassersack, a, dessen Gestalt übrigens gleichgültig ist, und einem engeren in eine feine Oeffnung ausgehenden kürzeren Rohre c, der Spitze. Die Mündung des weiteren Rohres wird beim Blasen in den Mund genommen, die Mündung der Spitze gegen die Flamme gehalten, und der Wassersack a dient, das mit der Luft aus dem Munde kommende Wasser aufzunehmen. Alle drei Stücke können fest zu einem Ganzen verbunden sein, oder die Röhren sind zum Aufstecken oder Aufschrauben auf den Wassersack eingerichtet, damit man das Instrument auseinander nehmen und so bequem transportiren kann. Man verfertigt die Löthröhre aus Messing, Kupfer, Silber, oder aus Glas, welche letztern stets aus Einem Stücke zu bestehen pflegen. Sind die Röhren zum Aufstecken auf den Wassersack eingerichtet, so müssen sie eingeschmirgelt sein, um beim Gebrauch luftdicht zu schließen,

Das Löthrohr wurde 1738 von A. Schwab erfunden und von ihm zur Prüfung der Mineralien benutzt und hierzu ist es später noch sehr vielfach angewendet worden, so daß es eines der wichtigsten Instrumente d r Chemie ausmacht. Namentlich haben Bergmann und Gahn das Experimentiren mit dem Löthrohre ausgebildet. Da man sich beim Verfahren mit dem Löthrohre nur sehr kleiner Quantitäten der zu prüfenden Mineralien bedient, so hat man es ein mikrochemisches (v. d. griech. μικρός klein) genannt. Nach Gahn ist das Verfahren folgendes: Will man eine Substanz vor dem Löthrohr prüfen, so legt man sie gewöhnlich auf ein Stück Kohle, oder auf ein Platinlöff lchen, oder man befestigt sie wohl auch nach Saussure auf Kyan t. Gut ausgeglühte und trockene Fichtenholz-Kohle verdient den Vorzug. Man nimmt die Seiten und nicht die Enden der Fasern, weil sonst die zu prüfende Substanz zerstreut werden könnte, ohne ein rundes Kügelchen zu bilden. In die Kohle wird ein kleines Grübchen gemacht, wozu man sich am besten eines länglich gebogenen Streifen Eisesblechs bedienen kann. Von der zu prüfenden Substanz legt man nur eine sehr kleine Quantität in das Grübchen; sie darf die Größe eines halben Pfefferkörnchens nicht übertreffen, wenn man anders eine starke Hitze darauf will wirken lassen. — Will man Substanzen, die vielleicht durch die Berührung der Kohle eine Veränderung erleiden könnten, für sich vor dem Löthrohre prüfen, so bedient man sich des metallenen Platin-Löffelchens. In diesem Falle leitet man die Löthrohrflamme auf die Stelle des Löffelchens, worauf die zu prüfende Substanz liegt, nicht aber unmittelbar auf die Substanz selbst. Den Stiel des Löffelchens kann man in ein Stück Kohle stecken. Will man aber eine besonders intensive Hitze anbringen, so steckt man auch die Schale des Löffelchens in ein auf der Kohle gemachtes Grübchen; kleine Theilchen kann man mittelst eines Platinzängelchens in die Löthrohrflamme bringen. Salze und flüchtige Substanzen werden in einer Glasröhre, welche an einem Ende zugeschmolzen und nach Umständen etwas aufgeblasen ist, so daß sie ein kleines Kölbchen bildet, erhitzt. — Nachdem man die Veränderung, welche die Substanz für sich in der Hitze erleidet, beobachtet hat, so muß man auch prüfen, wie verschiedene Flußmittel darauf wirken, und ob sie sich nicht zu Metall reduciren läßt. Die gewöhnlichsten Flußmittel sind: 1) Mikrokosmisches Salz aus Phorphorsäure, Natron und Ammoniak bestehend. 2) Halbkohlensaures Natron, welches chemisch rein, und vorzüglich frei von Schwefelsäure sein muß, weil diese sich zersetzen und Schwefelnatron bilden würde, welches die Metalle, die man zu reduciren beabsichtigte, auflösen und damit ein gefärbtes Glaskügelchen bilden könnte, während außerdem die nämliche Substanz ein farbenloses Glas gäbe. 3) Borax, welcher vorher von seinem Krystallwasser befreit sein muß. Derselbe wird als Pulver in kleinen Fläschchen aufbewahrt und beim Gebrauche mit einer befeuchteten Messerspitze herausgenommen; die Feuchtigkeit macht, daß das Pulver einen Zusammenhang bekommt, und von der Kohle nicht weggeblasen wird. Den Fluß läßt man zuerst zu einem klaren Kügelchen schmelzen, legt dann die zu prüfende Sub-

stanz darauf, und läßt hierauf anfänglich die äußere, dann die innere Flamme wirken. Hierbei muß man auf folgende Umstände genau Acht haben: 1) Ob die Substanz aufgelöst werde, und wenn dieß der Fall ist 2) ob mit oder ohne Aufbrausen, welches durch Entwickelung von Kohlensäure, oder schwefliger Säure, oder Sauerstoff- oder Kohlenoxydgas u. s. w. veranlaßt werden kann. 3) Von welcher Durchsichtigkeit und Farbe die Glasperle während des Erkaltens und 4) nach dem Erkalten erscheint. 5) Von welcher Beschaffenheit das Glas ist, welches in der äußern Flamme und 6) dasjenige, so in der innern Flamme gebildet worden. 7) Welche Verschiedenheit im Verhalten zu jedem der genannten Flüsse stattgefunden. Es ist zu bemerken, daß das mit Natron gebildete Kügelchen bei einem gewissen Grade der Hitze von der Kohle eingesogen wird. Will man daher eine Substanz mit Natron schmelzen, so muß man diesen Fluß in sehr kleinen Quantitäten nehmen und anfänglich nur eine sehr mäßige Hitze, bei welcher eine Verbindung erfolgt, anwenden, damit das Natron nicht absorbirt werde. Hat man anfänglich zu viel Natron genommen, und ist es mithin absorbirt worden, so kann man es durch eine intensivere Hitze wieder auf die Oberfläche der Kohle zurück und mit der zu untersuchenden Substanz in Verbindung bringen. — Einige Mineralien verbinden sich gerne nur in sehr kleiner Portion mit Natron, schmelzen aber schwer in größerer Menge und sind endlich in noch größerer Quantität durchaus unschmelzbar. Hat die Substanz keine Verwandtschaft zu diesem Flußmittel, so wird dieses von der Kohle absorbirt, ohne daß eine Verbindung erfolgt. — Enthält das Mineral oder das Natron Schwefel oder Schwefelsäure, so bekommt das Glas eine dunkelgelbe Farbe, welche beim Lampenlicht so roth erscheint, als wenn sie von Kupfer herrührte. — Wird die Glasperle beim Erkalten undurchsichtig, ohne eine bestimmte Farbe zu haben, so muß man sie zerbrechen und einen Theil davon mit mehr Fluß mischen, bis die Farbe reiner und bestimmter erscheint. Um die Farbe besser zu erkennen, kann man die Perle vor dem Erkalten zusammendrücken, oder zu einem Faden ausziehen. — Will man ein Metalloxyd, welches in einem verglasten Gemische enthalten ist, mit einem von den Flußmitteln höher oxydiren, so erhitze man zuerst das Glas bei einer starken Flamme und ziehe es, nachdem es geschmolzen ist, nach und nach aus der Spitze der blauen Flamme zurück. Diese Operation wiederhole man öfters, indem man das Glas bisweilen erkalten läßt, dabei wende man ein Löthrohr mit einer weiten Oeffnung an. — Die Reduction der Metalle bewirkt man auf folgende Weise: die Glasperle, welche, wie bereits angeführt, gebildet worden ist, lasse man auf der Kohle schmelzen, so lange als sie stehen bleibt und nicht absorbirt wird, damit die Metalltheilchen sich in ein Kügelchen zusammen begeben. Hierauf schmelze man dieses mit einer neuen Quantität Natron, und nachdem es von der Kohle absorbirt ist, glühe man die Stelle stark, wo die Absorption geschehen, mit einem Löthrohr von feiner Oeffnung. Durch dieses fortgesetzte Glühen wird derjenige Antheil von Metall, welcher zuerst nicht reducirt worden war, in den Metallzustand zurückgebracht. Der Prozeß kann noch mehr unterstützt

werden, wenn man die Perle in eine rauchende Flamme bringt, damit sie sich mit Ruß bedeckt, der nicht leicht weggeblasen wird. — Der größte Theil von Kügelchen, welche metallhaltig sind, bedeckt sich leicht mit einem metallischen Glanze, der sehr leicht durch eine gelinde, flatternde, rauchende Flamme hervorgebracht werden kann, nachdem die intensivere Hitze zu wirken aufgehört hat. Bei einer mäßigen Hitze bleibt die metallische Oberfläche, und bei einiger Uebung wird man im Allgemeinen leicht erkennen, ob die untersuchte Substanz metallhaltig ist oder nicht; zu bemerken ist, daß selbst das Boraxglas bisweilen äußerlich einen Metallglanz annimmt. — Nach dem Erkalten der Kohle wird derjenige Theil derselben, welcher mit der geschmolzenen Masse durchdrungen ist, mittelst eines Messers weggenommen und in einem Glasmörser, oder noch besser in einem Achatmörser, mit destillirtem Wasser zerrieben. Auf diese Weise wird das Natron aufgelöst, die Kohle durchs Abgießen der Flüssigkeit weggeschlämmt, und die Metalltheilchen bleiben im Mörser und können nachher weiter untersucht werden. Auf diese Weise kann man die meisten Metalle reduciren.

Was nun das Verhalten der einzelnen Erden und Metalloxyde vor dem Löthrohr betrifft, so besteht dieses in Folgendem: Barytverbindungen (Barytes). Diese schmelzen wenn sie wasserhaltig sind und breiten sich auf der Kohle aus. Befindet sich der Baryt in Verbindung mit Schwefelsäure, so entsteht in der innern Flamme Schwefelbaryt, welcher von der Kohle unter Aufbrausen, das so lange andauert, als das Löthrohr einwirkt, eingesogen wird. — Strontianverbindungen (Strontites). Befindet sich der Strontian an Kohlensäure gebunden, so wird diese ausgetrieben. Wenn man einen dünnen Splitter des Fossils mittelst des Platinzängelchens in die innere Flamme hält, so sieht man von dem Fossile weg am äußeren Theile eine rothe Flamme, bisweilen mit grüner Einfassung, welche aber bei der Flamme einer Lampe kaum bemerkbar ist. Der schwefelsaure Strontian wird in der innern Flamme in Schwefelstrontian verwandelt. Diesen löse man in einem Tropfen Salzsäure auf, füge einen Tropfen Alkohol hinzu und tauche ein Stäbchen in die Auflösung; sie wird, angezündet, mit einer schönen rothen Flamme brennen. — Kalk. Der kohlensaure Kalk wird in der Hitze leicht ätzend; wird er nachher befeuchtet, so erhitzt er sich von selbst; er ist dann unschmelzbar vor dem Löthrohre. Der schwefelsaure Kalk reducirt sich leicht zu Schwefelkalk, und besitzt außerdem die Eigenschaft, mit Fluß, bei einer mäßigen Hitze geschmolzen, ein klares Glas zu bilden. Hierbei soll man vom Fluß lieber zu viel als zu wenig nehmen. — Magnesia gibt wie der Strontian der Löthrohrflamme einen starken Glanz. Wird ein Tropfen Kobaltauflösung beigefügt und hierauf nach dem Trocknen stark geglüht, so entsteht eine mattröthliche, ins Fleischrothe gehende Farbe, welche aber bei der Flamme einer Lampe kaum gesehen werden kann. Auf diese Weise läßt sich die Magnesia in zusammengesetzten Körpern entdecken, insofern diese nicht sonderlich metallhaltig sind, oder eine Quantität Thonerde enthalten, welche die Magnesia an Menge übertrifft. Aus der Intensität der erzeugten Farbe läßt sich einigermaßen auf die Quan=

tität der Magnesia schließen. — Alle diese alkalischen Erden lassen sich, wenn sie rein sind, mit den Flußmitteln leicht und ohne Aufbrausen zu einem klaren farbelosen Glase schmelzen, fügt man aber eine neue Quantität Erde hinzu, so wird das Glas unburchsichtig. — Thonerde verbindet sich langsamer als die vorher genannten Erden mit den Flußmitteln und bildet ein helles Glas, welches nie unburchsichtig wird. Allein der auffallendste Charakter der Thonerde ist der, daß sie eine schöne blaue Farbe bildet, wenn sie mit einem Tropfen salpetersauren Kobalts versetzt und nach dem Trocknen einige Zeit lang geglüht wird. Auf diese Weise läßt sich die Gegenwart der Thonerde in zusammengesetzten Fossilien entdecken, wenn anders das Verhältniß der metallischen Bestandtheile nicht zu groß, oder die Quantität der Magnesia nicht überwiegend ist. So wurde in Agalmatholith die Thonerde aufgefunden. — Arsenik verfliegt mit einem eigenthümlichen Geruche, der dem Knoblauche ähnlich ist. Wird ein größeres Stück weißer Arsenik auf einer glühenden Kohle erhitzt, so bemerkt man keinen Geruch. Um diesen wahrnehmbar zu machen, muß man das weiße Oxyd mit Kohlenstaub vermengen, um es zu reduciren. Befindet sich der Arsenik in Auflösung, so läßt sich derselbe dadurch entdecken, daß man in die Auflösung ein Stück reiner wohlausgeglühter Kohle taucht und dasselbe nachher trocknet und anzündet. — Chrom. Das grüne Oxyd, als welches das Chrom am gewöhnlichsten vorkommt und in welches es durch Erhitzen in atmosphärischer Luft leicht verwandelt wird, besitzt folgende Eigenschaften. Es schmilzt mit dem mikrokosmischen Salze in der innern Flamme zu einem Glase, welches im Augenblicke der Entfernung von der Flamme eine ins Violette spielende, dem Dunkelblauen oder Rothen sich nähernde Farbe hat, jenachdem das Chrom in größerer oder geringerer Menge vorhanden ist. Nach dem Erkalten ist das Glas bläulich grün, jedoch weniger blau als das Kupferglas. In der äußern Flamme wird die Farbe heller und weniger blau, als in der innern. Mit Borax gibt das Chrom in der äußern Flamme ein hellgelbes oder gelblichrothes Glas und in der innern Flamme wird dieses dunkler und grüner, oder bläulich grün. Die Reduction mit Natron wurde nicht versucht. — Molybdänsäure schmilzt schon für sich auf der Kohle mit Aufbrausen und wird absorbirt. Auf einem Platinlöffelchen stößt es weiße Dämpfe aus und verwandelt sich in der innern Flamme in molybdänige Säure, welche blau ist, in der äußern Flamme aber wird es wieder oxydirt und weiß. Mit dem mikrokosmischen Salze gibt eine kleine Portion Molybdänsäure in der äußern Flamme ein grünes Glas, welches bei stufenweiser Vermehrung der Säure durchs Gelblichgrüne ins Röthliche, Bräunliche und Hyacinthbraune mit einem schwachen Stich ins Grüne übergeht. In der innern Flamme geht die Farbe vom Gelblichgrünen durchs Gelbbraune und Braunrothe ins Schwarze über, und die Säure, wenn sie in reichlicher Menge angewandt wird, bekommt ein metallisches Ansehen, wie Schwefelmolybdän, welches bisweilen nach dem Erkalten des Glases zurückbleibt. Vom Borax wird die Molybdänsäure nur in geringer Menge aufgelöst. In der äußern Flamme bekommt das Glas eine graulichgelbe

Farbe. In der innern Flamme schlagen sich aus dem hellen Glase einige schwarze Theilchen nieder und lassen das Glas fast farbenlos zurück, wenn die Quantität von Molybdän gering ist; war die Menge größer, so erscheint das Glas schwärzlich. Wird zu einem Glase, welches aus Molybdänsäure und mikrokosmischem Salze gebildet worden ist, etwas Borax hinzugefügt und das Gemisch in der äußern Flamme geschmolzen, so wird die Farbe augenblicklich röthlichbraun, in der innern Flamme aber werden wieder die schwarzen Theilchen ausgeschieden, jedoch in geringerer Menge. Bei lange anhaltender Hitze vermindert sich die Farbe des Glases und sie erscheint beim Lampenlichte gelber als im Tageslichte. Die Molybdänsäure wird durch Natron in der innern Flamme nicht reducirt. — Wolframsäure wird auf der Kohle zuerst bräunlichgelb, verwandelt sich hierauf in ein braunes Oxyd und wird zuletzt schwarz, ohne zu schmelzen oder zu dampfen. Mit mikrokosmischem Salze bildet sie in der innern Flamme ein blaues Glas, welches nicht ins Violette geht, in der äußern Flamme verschwindet diese Farbe und kommt in der innern wieder zum Vorschein. Mit Borax gibt sie in kleiner Portion in die innere Flamme gebracht ein farbeloses Glas, welches bei Vermehrung des Oxydes schmutziggrau und dann röthlich wird. Setzt man es lange Zeit der äußern Flamme aus, so wird es durchsichtig, trübt sich aber wieder beim Erkalten weißlich und verwandelt sich, beim Tageslichte gesehen, ins Rothe. Das Wolfram wird nicht reducirt. — Tantaloxyd erleidet für sich keine Veränderung, schmilzt aber mit mikrokosmischem Salze und mit Borax in ein klares ungefärbtes Glas, woraus man durch wiederholtes abwechselndes Schmelzen und Abkühlen das Oxyd niederschlagen kann. So wird das Glas undurchsichtig, das Oxyd reducirt sich aber nicht. — Titanoxyd im Platinlöffelchen geglüht wird gelblich, auf der Kohle aber Dunkelbraun. Mit mikrokosmischem Salze gibt es in der innern Flamme ein schönes violettes Glas, mit mehr Blau als das von Manganoxyd. In der äußern Flamme verschwindet diese Farbe wieder. Mit Borax gibt es ein schmutziges Hyacinthroth. Mit Natron ist kein Versuch gemacht. — Ceriumoxyd wird beim Glühen rothbraun. In geringer Portion mit einem Fluß geschmolzen gibt es ein klares farbenloses Glas, vermehrt man aber die Menge des Oxydes, so wird das Glas gelblich grün, so lange es heiß ist. Wird das Ceriumoxyd mit mikrokosmischem Salze lange Zeit in der innern Flamme geglüht, so gibt es ein klares farbenloses Glas. Mit Borax gibt es unter ähnlichen Umständen ein Glas, welches, so lange es warm ist, eine blaßgelblichgrüne Farbe besitzt, nach dem Erkalten aber farbenlos erscheint. Wird es nachher wieder eine Zeitlang der äußern Flamme ausgesetzt, so erscheint es mit röthlichgelber Farbe, welche es beim Erkalten auch zum Theil behält. Werden zwei durchsichtige Kügelchen, wovon das eine mit mikrokosmischem Salze und das andere mit Borax gebildet waren, zusammengeschmolzen, so wird die dreifache Verbindung undurchsichtig und weiß. Das Cerium verflüchtigt sich bei der Reduction (?). — Uranoxyd. Das gelbe Oxyd wird beim Glühen grün oder grünlichbraun. Mit mikrokosmischem Salze bildet es in der innern Flamme

ein klares gelbes Glas, welches beim Erkalten eine intensivere Farbe annimmt. Wird es lange Zeit der äußern Flamme ausgesetzt und öfters abgekühlt, so gibt es ein blasses, gelbliches, rothbraunes Glas, welches beim Erkalten grünlich wird. Mit Borax bildet es in der innern Flamme ein klares ungefärbtes, oder blaß grünes Glas, welches schwarze Theilchen enthält, vielleicht das Metall auf der niedrigsten Oxydationsstufe. Ist diese schwarze Substanz nicht in zu großer Menge vorhanden, so wird sie in der äußern Flamme aufgelöst und das Glas bekommt dadurch eine schöne gelblichgrüne, und nach weiterer Oxydation gelblichbraune Farbe. Wird die Perle wieder in die innere Flamme gebracht, so verwandelt sich die Farbe nach und nach ins Grüne, und die schwarze Substanz wird wieder ausgeschieden, eine weitere Reduction findet aber nicht statt. — Manganoxyd gibt mit mikrokosmischem Salze in der äußern Flamme eine schöne Amethystfarbe, welche in der innern Flamme verschwindet. Mit Borax gibt es ein gelblich hyazinthrothes Glas. Im Falle das Mangan wegen Verbindung mit Eisen oder aus anderer Ursache keine hinreichend intensive Farbe im Glühen hervorbringen sollte, so darf man nur der Masse während des Schmelzens etwas weniges Salpeter beifügen, wodurch dann das Glas, so lange es heiß ist, eine dunkelviolette, nach dem Erkalten aber eine röthlichviolette Farbe annimmt. Das Mangan wird nicht reducirt. — Telluroxyd wird bei mäßigem Erhitzen zuerst gelb, dann hellroth und zuletzt schwarz. Es schmilzt und wird von der Kohle absorbirt und reducirt sich mit einer schwachen Detonation einer grünlichen Flamme und einem Geruch nach Rettig. Das mikrokosmische Salz löst es auf, ohne sich zu färben. — Spießglanzoxyd wird in der äußern Flamme reducirt und verbreitet auf der Kohle einen weißen Rauch. In der innern Flamme reducirt es sich leicht von selbst, auch mit Natron. Mit mikrokosmischem Salze und mit Borax bildet es ein hyazinthrothes Glas. Metallisches Spießglanz, wenn es auf der Kohle geschmolzen und hierauf unberührt sich selbst überlassen wird, bedeckt sich mit spießigen, strahlenförmig auseinanderlaufenden Krystallen von weißem Oxyd. Schwefelspießglanz schmilzt auf der Kohle und wird absorbirt. — Wismuthoxyd schmilzt im Löffelchen leicht zu einem braunen Glase, welches beim Erkalten heller wird. Mit mikrokosmischem Salze bildet es ein graugelbes Glas, welches beim Erkalten seine Durchsichtigkeit verliert und blaß wird. Wird eine neue Portion Oxyd beigefügt, so wird es undurchsichtig. Mit Borax gibt es ein graues Glas, welches in der innern Flamme verknistert, während sich das Metall reducirt und verflüchtigt. Es reducirt sich auf der Kohle sehr leicht von selbst. — Zinkoxyd wird beim Erhitzen gelb, beim Erkalten aber wieder weiß. In geringer Portion bildet es mit mikrokosmischem Salze und mit Borax ein klares Glas, welches bei vermehrter Menge des Oxyds trübe wird. Setzt man einen Tropfen salpetersaures Kobald zum Oxyd und trocknet und glüht es, so wird es grün. Mit Natron reducirt es sich in der innern Flamme, verbrennt mit der dem Zink eigenthümlichen Flamme und setzt auf der Kohle Oxyd ab. Durch diesen Proceß kann man selbst im Automalit das Zink leicht entdecken. Vermischt man es

mit Kupferoxyd, so wird das Zink fixirt und man erhält Messing. Doch eins der unzweideutigsten Kennzeichen des Zinkoxydes ist dieses, daß es sich in Essigsäure auflöst und nachdem die Auflösung zur Trockne abgedampft ist, ein Salz gibt, welches, in die Flamme einer Lampe gebracht, mit der dem Zink eigenthümlichen Flamme brennt. — Eisenoxyd gibt mit mikrokosmischem Salze oder Borax in der äußern Flamme ein Glas, welches, so lange es heiß ist, blutroth erscheint, beim Erkalten aber gelblich wird. Das Protoxyd des Eisens bildet mit diesen Flußmitteln ein grünes Glas, welches bei vermehrtem Verhältnisse des Metalls durch das Bouteillengrüne ins Schwarze und Dunkle übergeht. Das Glas vom Oxyd wird in der innern Flamme grün, indem es sich zu Protoxyd reducirt, so zwar, daß es vom Magnet angezogen wird. Wirft man es auf den Docht einer brennenden Kerze, so verbrennt es mit einem knisternden Geräusche, welches dem Eisen eigenthümlich ist. — Kobaltoxyd wird in der äußern Flamme schwarz und in der innern grau. Eine geringe Portion desselben bildet mit mikrokosmischem Salze und mit Borax ein blaues Glas; das mit Borax ist dunkler. Im durchfallenden Lichte erscheint das Glas röthlich. Durch Vermehrung des Oxyds geht das Glas durchs Dunkelblaue ins Schwarze über. Aus dem dunkelblauen Glase kann man das Metall präcipitiren, wenn man in die schmelzende Masse einen Stahldraht steckt. War das Kobalt arsenikfrei, so ist das Metall dehnbar und es kann durch einen Magnet gesammelt werden. Vom Eisen läßt es sich leicht unterscheiden, indem es, auf den Docht einer brennenden Kerze gestreuet, nicht das knisternde Geräusch, welches dem Eisen eigen ist, hören läßt. — Nickeloxyd wird an der Spitze der äußern Flamme schwarz, und in der innern grünlich grau. Es wird vom mikrokosmischen Salze leicht und schnell aufgelöst. Das Glas besitzt, so lange es heiß ist, eine schmutzig dunkelrothe Farbe, welche beim Erkalten blässer und gelblich wird. Nach dem Erkalten erfordert das Glas einen reichlichen Zusatz von Oxyd um eine merkliche Farbenveränderung zu zeigen. Die Farbe ist übrigens so ziemlich dieselbe, sowohl in der äußern als innern Flamme; in letzterer ist sie nur schwach röthlich. Setzt man Salpeter zur Glasperle, so wird sie schaumig, zuerst rothbraun und dann blässer. Mit Borax ist das Nickeloxyd leicht schmelzbar, an Farbe ist das Glas dem vorhergehenden ähnlich. Setzt man es lange Zeit einem hohen Hitzegrade in der innern Flamme aus, so geht es vom Röthlichen ins Schwärzliche und Dunkle über, dann wird es schwärzlichgrau und durchscheinend, hierauf blässer, röthlichgrau und klarer und zuletzt durchsichtig; das Metall schlägt sich hierbei als kleine weiße Metallkügelchen nieder. Die rothe Farbe scheint hier herzurühren von einer vollkommenen Schmelzung oder Auflösung des Oxydes, die schwarze von einer anfangenden Reduction und die graue von den kleinen metallischen Theilchen, ehe sie sich zusammen begeben und Kügelchen bilden. Setzt man dem mit Borax gebildeten Glase etwas Natron zu, so erfolgt die Reduction leichter und das Metall sammelt sich in ein einziges Kügelchen. Enthält das Nickeloxyd Eisen, so behält zwar das Glas seine besondere Farbe, so lange es heiß ist, beim Erkalten kommt aber die Eisenfarbe

zum Vorschein. — Zinnoxyd als Hydrat und im höchsten Grad der Reinheit, wird beim Erhitzen gelb, dann roth und wenn es dem Glühen nahe ist, schwarz. Befindet sich Eisen oder Blei im Zinn, so wird die Farbe dunkelbraun beim Erhitzen. Diese Farben werden beim Abkühlen gelblich. Auf Kohle in der innern Flamme wird und bleibt das Oxyd weiß, und wenn es schon vorher weiß und wasserfrei war, so erleidet es beim Erhitzen keine Farbenveränd rung. Uebrigens reducirt es sich schon für sich sehr leicht; durch Zusatz eines Tropfens Natron- oder Kali-Auflösung wird aber die R duction noch mehr befördert. — Bleioxyd schmilzt und reducirt sich sehr leicht, sowohl für sich, als auch mit mikrokosmischem Salze oder Borax. Das nicht reducirte Glas ist schwarz. — Kupferoxyd wird in der äußern Flamme nicht verändert, in der innern aber verwandelt es sich in Protoxyd. Sowohl mit mikrokosmischem Salze als mit Borax gibt es ein gelblichgrünes Glas, so lange es heiß ist, das aber beim Erkalten bläulichgrün wird. Wenn man es in der innern Flamme strenge erhitzt, so verliert es seine Farbe und das Metall wird reducirt. Ist die Quantität des Oxyds so klein, daß die grüne Farbe nicht wahrgenommen werden kann, so wird sich die Gegenwart desselben durch einen kleinen Zusatz von etwas wenigem Zinn entdecken lassen, indem dadurch das Kupferoxyd auf die erste Oxydationsstufe zurückgeführt wird und so ein undurchsichtiges rothes Glas bildet. Wurde das Oxyd mit Borax geschmolzen, so erhält sich diese Farbe längere Zeit, allein mit mikrokosmischem Salze verschwindet sie bei fortgesetztem Erhitzen bald. — Das Kupfer kann man auch auf Eisen niederschlagen, aber das Glas muß zuerst mit Eisen gesättigt sein. Alkalien oder Kalk befördern diese Fällung. Wenn man ein kupferhaltiges Glas einer rauchenden Flamme aussetzt, so wird das Kupfer oberflächlich reducirt und das Glas erscheint, so lange es heiß ist, mit einem irisirenden Häutchen, welches nicht immer permanent ist nach dem Erkalten. Das Kupferoxyd wird mit Natron sehr leicht reducirt. Kupfersalze, wenn sie vor dem Löthrohre erhitzt werden, färben die Flamme schön grün. — Quecksilberoxyd wird vor dem Löthrohre schwarz und gänzlich verflüchtiget. Durch dieses Mittel kann man eine Verfälschung desselben leicht entdecken. — Die übrigen Metalle werden für sich reducirt und sind an ihren Merkmalen leicht zu erkennen.

Beim Gebrauche des Löthrohrs kommt es hauptsächlich darauf an, daß der Luftstrom ununterbrochen und gleichförmig sei. Dieß geschieht, wenn man die im Munde enthaltene Luft durch allmähliges Zusammenziehen der Backenmuskeln stets mit gleicher Stärke ausstößt und gleichzeitig durch die Nase frische Luft einzieht. Man kann eine große Fertigkeit im Blasen auf die angegebene Weise erlangen, indeß ist es doch immer ermüdend und anstrengend. Daher hat man das Blasen einem doppelten Blasebalge überlassen, welcher leicht mit dem Fuße getreten werden und unterhalb eines Tisches angebracht ist. Je größer das Gewicht ist, durch welches die obere Hälfte des Blasebalges zusammengedrückt wird, mit desto größerer Geschwindigkeit wird die Luft ausgeblasen. Der Blasebalg mündet nämlich in ein etwas weiteres Rohr, wel-

ches nach der Tischplatte hinaufgeführt ist und auf dessen Ende verschieden enge Spitzen aufgesetzt werden können. Dieses Tisches bedienen sich namentlich die Glasbläser.

Auch des Baaderschen Cylindergebläses hat man sich bedient um einen Blasapparat zu erhalten, bei welchem man auch noch des Tretens eines Blasebalges überhoben ist. Derselbe ist von Lüdicke beschrieben worden und Fig. 194. abgebildet. In dieser Durchschnittszeichnung ist ab der Tisch, worauf der Apparat steht, dvfg ist ein Cylinder von Blech, welcher durch die Trichtermündung ev mit Wasser gefüllt werden kann und zu dessen Steifung bei wx ein Band mit zwei Handhaben angebracht wird, um ihn bequemer zu heben, welches in dem Falle unnöthig ist, wenn der Apparat stets auf demselben Tische bleibt und mit diesem bewegt wird. In der Axe dieses Cylinders ist die lothrechte Röhre on aufgerichtet, welche etwas über die horizontale Ebene des Cylinders vf emporragt, damit beim Aufheben des inneren Cylinders das Wassers nicht in dieselbe läuft. Auf dem Boden ist diese Röhre rechtwinklig gebogen, bei d tritt sie aus dem Cylinder heraus, hat bei c einen Hahn und ist zum Aufstecken des eigentlichen Blasrohrs eingerichtet. Soll der Apparat zum Glasblasen benutzt werden, so hat er das Unbequeme, daß hiernach die Flamme dem Arbeiter entgegengeblasen wird, welchem Uebelstande aber leicht abzuhelfen ist, wenn man diese Ausgangsröhre bei c rechtwinklig umbiegt und bis zur erforderlichen Weite fortführt; denn obgleich die Geschwindigkeit der Luftströmung durch eine solche Biegung verliert, so bleibt sie doch für die gewöhnlichen Zwecke leicht stark genug. Aus diesem äußeren Cylinder endlich geht unten die Röhre mit dem Hahne h, um das Wasser abzulassen. Die Höhe dieses Cylinders ist dann hinreichend, wenn der innere Cylinder in ihm bis zur Grenze seines Randes kl herabsinken kann, vorausgesetzt, daß man nur einen geringen Luftdruck verlangt, welcher einer dem aufgesetzten Rande tk gleichen Wasserhöhe proportional ist; soll dagegen der Luftdruck stärker sein, so muß dieser Rand und zugleich der äußere Cylinder höher werden. — In diesem äußeren Cylinder ist ein im Durchmesser um 2 Linien kleinerer umgestürzter iklm eingesenkt, welcher als eigentlicher Luftbehälter dient, nur bis an ts reicht und hier einen aufgesetzten Rand hat, dessen Höhe von 2 bis 12 Zoll betragen kann, je nachdem man eine geringere oder größere Compression der eingeschlossenen Luft verlangt. In der Mitte auf dem oberen Deckel dieses Cylinders ist die Röhre p aufgesetzt deren Höhe bis an den Hahn in das Niveau kl fallen und deren Weite so sein muß, daß das obere Ende der Röhre o bequem darin aufgenommen wird. Auf dieselbe ist eine engere messingene Röhre mit dem Hahn u befestigt, welcher geöffnet werden muß, wenn man den inneren Cylinder wieder mit Luft, deßgleichen auch dann, wenn man denselben in das Wasser herabsenken, dadurch die atmosphärische Luft aus ihm entfernen und ihn dann mit irgend einer Gasart füllen will. Soll der Apparat bloß zum Blasen mit atmosphärischer Luft dienen, so ist der Hahn überflüssig und man kann wohlfeiler dieses obere Ende der Röhre mit einem bloßen Korke verstopfen, welchen man herausnimmt,

um den Cylinder in die Höhe zu heben und wieder mit Luft zu füllen; soll der Apparat indeß zugleich für andere Gasarten benutzt werden, so ist der Hahn allerdings nothwendig. Der untere Rand des inneren Cylinders ist in die Höhe gebogen und bildet bei im eine Rinne. Diese dient dazu, um Blei (Schrot) hineinzuschütten, so viel als erforderlich ist, damit der innere Cylinder sich tief genug in das Sperrwasser im äußeren Cylinder herabsenkt. Ist diese Tiefe etwas bedeutend, so kommt dadurch der Schwerpunkt des inneren Cylinders tiefer zu liegen und er wird auch bei beträchtlicher Höhe nicht umschlagen, widrigenfalls muß der äußere Cylinder einige Streben haben, um dieses Umschlagen zu verhüten. Aus dieser Ursache und zugleich des geringeren Preises wegen ist es vortheilhaft, den inneren Cylinder von sehr dünnem Bleche verfertigen zu lassen, zur Höhe ti aber nicht mehr als den doppelten Durchmesser zu wählen. Sinkt er dann tief ein, so kommt durch das Uebergewicht des Bleies in der Rinne im, welches anfangs empirisch gleichmäßig in der ganzen Rinne vertheilt werden muß, der Schwerpunkt des ganzen Cylinders unter den der verdrängten Wassermasse und der Cylinder wird von selbst mit vertikal gerichteter Axe schwimmen, am eigentlichen Umschlagen aber ohnehin durch den geringen Zwischenraum zwischen ihm und dem äußeren Cylinder gehindert werden. Die Art der Wirksamkeit des Gebläses ist leicht zu übersehen. Vermöge seiner Schwere, welche durch die in den Rand ktls gegossene Wassermenge regulirt wird, drückt der innere Cylinder auf das Wasser und dieses auf die Luft im inneren Cylinder, welche Luft nun durch die Röhre ondc entweicht. Das Blasen aus c findet so lange statt, bis der innere Cylinder ganz herabgesunken ist, dann öffnet man den Hahn oder Kork bei u, zieht den Cylinder wieder empor, verschließt bei u wieder und die Thätigkeit des Gebläses beginnt von neuem. Durch Schließen des Hahnes c kann man aber das Blasen in jedem Augenblicke unterbrechen. Statt atmosphärischer Luft kann man auch Sauerstoffgas in das Innere des Cylinders bringen und erhält dann ein Sauerstoffgasgebläse, und bedient man sich zweier Cylindergebläse, von denen das eine mit Sauerstoffgas das andere mit Wasserstoffgas gefüllt ist und deren beider Ausgangsröhren erst kurz vor dem Blaserohre sich vereinigen, so hat man ein Hare'sches Knallgasgebläse. Siehe den Artikel Hitze, wo eine nähere Beschreibung desselben.

Man bedient sich bei Anwendung des Löthrohres theils des Unschlitt- oder Oellampen, theils der Weingeistlampen. Die letzteren haben vor jenen den Vorzug, daß sie keinen Ruß an die Körper, welche von ihnen behandelt werden, absetzen.

Luftball, Luftballon, aërostatische Maschine, Montgolfière, Charlière heißen mit einer Luftart, welche dünner als die gewöhnliche atmosphärische Luft ist, gefüllte Bälle von leichtem Zeuge, die sich, wenn sie die erforderliche Größe haben, von selbst in die Luft erheben, in ihr schwimmen und wohl auch noch andere an sie befestigte Körper zu tragen vermögen. Ein Körper schwimmt im Wasser, d. h.

sinkt in demselben nicht zu Boden, wenn sein gesammtes Gewicht geringer ist als das einer Wassermasse von dem seinen gleichen Volumen. Bringt man einen leichten Körper mit Gewalt auf den Grund einer tiefen Wasseransammlung und läßt ihn dort los, so erhebt er sich von selbst bis zur Oberfläche des Wassers und kommt erst zur Ruhe, hört auf zu steigen, wenn er nur noch so viel Wasser aus der Stelle getrieben hält, als an Gewicht seinem eigenen Gewichte gleichkommt. Was vom Wasser, gilt entsprechend auch von der Luft. Auch in dieser werden diejenigen Körper schwimmen, welche leichter sind als eine dem ihren an Volumen gleichkommende Quantität Luft von gewöhnlicher Dicke, oder welche leichter sind als die Quantität Luft, welche sie aus der Stelle drängen. Wir befinden uns auf dem Grunde der die Erde umgebenden Luftansammlung und daher wird ein hier gebildeter Körper, der verhältnißmäßig leichter als Luft ist, in ihr emporsteigen. Die Luft wird je weiter von der Erde entfernt, desto leichter, dünner, oder was dasselbe, dieselbe Quantität Luft nimmt in höheren Regionen ein immer größeres Volumen an. Ein Körper welcher bei einem sich gleichbleibenden Volumen in der Luft seiner Leichtigkeit wegen aufsteigt, muß also endlich eine Grenze erreichen, wo ein dem seinen gleiches Volumen Luft nicht mehr schwerer als er ist. Nachdem der Körper diese Höhe erreicht hat, hört er auf zu steigen. Verschiedene Physiker sind der Meinung gewesen, die Atmosphäre habe wie das Meer in einer gewissen Höhe über seinem Grunde (der Erde) eine sie begrenzende Oberfläche. Wäre dieses der Fall, so würden gewiß Körper, die verhältnißmäßig noch leichter als die Luft unmittelbar an jener Oberfläche wären, auf dem Luftmeere eben so schwimmen, wie eine mit Luft gefüllte Blase auf dem Wasser schwimmt. Mendoza soll in dieser Beziehung gesagt haben: Ein Körper mit Elementarfeuer (worunter er sich eine sehr feine Materie vorstellte) gefüllt, müsse an der Grenze der Luft eben so leicht schwimmen, als ein mit Luft gefüllter auf dem Wasser.

Es ist von jeher ein Lieblingsstreben kühner und kunstgeübter Menschen gewesen, wie das Meer, so auch die Luft durchreisen zu können. Aber da alle Körper, wie es den Anschein hat, schwerer sind als die Luft, besonders aber der Mensch, so kam man zunächst darauf, gleich den Vögeln mit Hilfe von Flügeln, die man durch künstliche Apparate zu ersetzen suchte, in die Luft sich zu erheben. Die alte Fabel der Griechen erzählt schon, daß ein kunst- und erfindungsreicher Mann, Dädalos das Fliegen erfunden habe. Seinem Sohne Ikaros soll er Fittige aus Wachs gemacht haben, worauf dieser sich über Land und Meer aufschwang, aber der Sonne zu nahe kam und mit geschmolzenen Flügeln herabstürzte und den Tod in dem Meere fand, welches nach ihm den Namen des Ikarischen Meeres (im Archipel) bei den Alten hatte. Wie viel von dieser Sage der Wahrheit angehöre, wissen wir nicht, und eben so sehr bleibt eine andere Sage uns räthselhaft, welche schon näher auf den Luftballon hindeutet. Archytas von Tarent, heißt es, habe eine Taube von Holz durch mechanische Kräfte und einen eingeschlossenen Hauch fliegen gemacht.

Offenbar fliegen die Vögel mit Hilfe ihrer Flügel, denn sie sind ebenfalls schwerer als die Luft und erheben sich also nicht vermöge ihrer Leichtigkeit in dieselbe. Die Flügel geben den Vögeln, wenn sie dieselben ausspannen, einen größeren Umfang, ohne dabei die Schwere derselben zu vermehren. Ueberdieß kann der Vogel die Luft mit seinen Flügeln schlagen und so sich fortbewegen, ähnlich wie ein Ruder das Wasser schlägt, oder der Schwimmende mit seinen Armen gegen das Wasser sich anstemmt. Jedenfalls ist die Frage zu beantworten, ob es dem Menschen nicht möglich ist, mittelst an seine Arme befestigter Flügel sich ebenfalls in die Luft zu erheben. Nach Untersuchungen, welche Borelli angestellt, hat ein Vogel so starke Brustmuskeln, daß er mit seinen Flügeln eine Kraft zu äußern vermag, welche das Gewicht seines Körpers zehntausendmal übertrifft. Hiernach würde der Mensch dann ebenfalls fliegen können, wenn er mit seinen Armen eine sein eigenes Gewicht 10000 mal übersteigende Kraft auszuüben im Stande wäre. Es zeigt sich aber, daß die Arme des Menschen nicht den hundertsten Theil jenes Gewichtes zu tragen vermögen. Nach neueren Versuchen ist dieses Mißverhältniß zwar weniger bedeutend, aber berücksichtigt man noch den ganzen übrigen Bau des Vogels, so läßt sich der sichere Schluß ziehen, daß es dem Menschen niemals möglich sein werde, allein mit Hilfe von Flügeln sich in die Luft zu erheben.

Erst im Mittelalter haben mehre Gelehrte den Gedanken ausgesprochen, daß Körper mit einer Luft gefüllt, die leichter als atmosphärische Luft wäre, in dieser aufsteigen und schwimmen müßten. Indeß konnte man keine Versuche anstellen, so lange man nicht eine solche leichte Luftart wirklich kannte und sie nach Belieben herzustellen im Stande war. Bald aber, nachdem Cavendish im Jahre 1766 die Leichtigkeit des Wasserstoffgases entdeckt hatte, äußerte Black in Edinburg, daß Körper aus leichten dünnen Stoffen verfertigt und mit Wasserstoffgas gefüllt, sich in die Luft erheben müßten. Erst 1782 wurden jedoch von Cavallo die ersten Versuche zur Herstellung von Luftbällen gemacht, aber ohne zu gelingen, indem die Bälle zu klein waren und er sich unpassender Stoffe bediente. Indeß wurde doch durch ihn Black's Behauptung dadurch bestätigt, daß sich Seifenblasen mit Wasserstoffgas gefüllt in die Luft erhoben. Man läßt Wasserstoffgas aus einer Röhre blasen, nachdem man diese in Seifenwasser eingetaucht. Es bildet sich eine Blase, gleich der gewöhnlichen Seifenblase, welche durch eine kleine Erschütterung von der Röhre sich abtrennt und nun in der Luft sich so lange erhebt, bis sie zerplatzt.

Als eigentliche Erfinder der einen Art von Luftballons sind zwei Brüder, Stephan und Joseph Montgolfier, Papierfabrikanten zu Annonai anzuerkennen. Der erstere war eigentlich Physiker, der zweite Mathematiker. Diese suchten anfangs ebenfalls vergebens einen Ballon von Papier durch Füllung mit brennbarer Luft zum Steigen zu bringen. Nachher kamen sie darauf, daß ja auch Bälle wie Rauchwolken in der Luft schweben müßten, wenn man eine solche Rauchwolke in sie einschlösse. Sie machten daher ein Parallelepipedum von Taffent, welches 40 Cubikfuß Inhalt hatte und füllten es mit Rauch von bren-

nendem Papiere, und wirklich erhob sich der Apparat bis zur Decke des Zimmers, in welchem sie den Versuch vornahmen. Der Versuch gelang auch mittelst einer Maschine, welche 650 Cubikfuß hielt. Hierauf construirten sie nun eine Maschine von Leinwand, die 35 Fuß im Durchmesser hatte, 450 Pfund schwer war und überdieß noch eine Last von 400 Pfund trug, und ließen dieselbe am 5. Juni 1783 zu Annonai in Gegenwart der Stände von Vivarrais aufsteigen. Sie erhob sich bis zu einer Höhe von 1000 Fuß und fiel 12000 Fuß vom Orte des Aufsteigens wieder herab. Der Grund aus welchem diese Maschinen stiegen, war offenbar die durch die Wärme im Innern des Ballons ausgedehnte Luft. Ist vor dem Füllen der Ballon zusammengedrückt, so enthält er nur eine sehr geringe Quantität Luft, diese dehnt sich durch die Erhitzung aus, treibt den Ballon auf und nimmt daher nun in diesem einen bei weitem größeren Raum ein als vorher, ohne durch die Erwärmung an Gewicht zugenommen zu haben. Offenbar wiegt jetzt die im Ballon enthaltene Luft bei weitem weniger als ein gleichgroßes Volumen atmosphärischer Luft, welches durch sie aus der Stelle getrieben worden, und ist dieser Unterschied an Gewicht größer als das Gesammtgewicht des Materials, aus dem der Ballon gefertigt ist, und die ihm noch angehängte Last, so wird sich der Ballon in die Höhe heben müssen. Diese Einsicht hatten indeß die Gebrüder Montgolfier in ihre Erfindung nicht, sie glaubten vielmehr durch das Verbrennen des Strohes und des Papieres eine eigene Gasart erzeugt zu haben, welche leichter als atmosphärische Luft sei, und einige Schriftsteller, die auf diese Ansicht eingingen, sprachen daher von einem Montgolfierschen Gase.

Alle mit erwärmter und daher verdünnter Luft gefüllte Luftballons werden nach ihren Erfindern Montgolfièren genannt.

Noch in demselben Jahre gelang es auch den ersten mit Wasserstoffgas gefüllten Ballon zum Steigen zu bringen. Die Mechaniker Gebrüder Robert zu Paris, verfertigten unter Anleitung des Professors Charles einen Ballon von Taffent, welcher 12 Fuß 2 Zoll im Durchmesser hatte und (der besseren Dichtigkeit wegen, um das Gas nicht entweichen zu lassen) mit Firniß von aufgelöstem Federharze überzogen wurde. Der Ball wurde mit Wasserstoffgas aus Eisenfeil und verdünnter Schwefelsäure gefüllt, wog 25 Pfund und erhob sich (den 27. August 1783 auf dem Marsfelde) in 2 Minuten 488 Toisen hoch und verschwand dann in den Wolken. Man fand ihn 5 Lieues von Paris bei dem Dorfe Genesse wieder. Er hatte einen Riß erhalten. Wahrscheinlich hatte er sich in so hohe Luftregionen erhoben, daß die umgebende Luft den sich im Innern ausdehnenden Gase nicht mehr den hinreichenden Widerstand geleistet hatte, so daß der Ballon ganz aus derselben Ursache zerplatzte, aus der eine Blase unterhalb der Glocke einer Luftpumpe erst immer weiter sich ausdehnt und endlich zerspringt. (S. d. Art. Luftpumpe.)

Die mit Wasserstoffgas gefüllten Luftballons werden nach ihrem ersten Erbauer Charlièren genannt.

Auch Montgolfier ließ noch im September 1783 den von

ihm erfundenen Luftballon in Paris und in Versailles sehen. Ein Sphäroid von Leinwand 57 Fuß hoch, 41 Fuß breit und von 37500 Cubikfuß Inhalt erhob sich nach Verbrennung von 80 Pfund Stroh und 5 Pfund Wolle bis zur Höhe von 240 Toisen. An dem Ballon befand sich ein Käfig, in welchem ein Hammel, eine Ente und ein Hahn saßen, und mit diesem Käfig wog der Ballon 900 Pfund. Er schwebte 8 Minuten lang in der Luft und fiel dann 1700 Toisen vom Orte des Aufsteigens so sanft herab, daß die Thiere ganz unbeschädigt waren.

Die ersten, die es wagten mit einem Luftballon aufzusteigen, waren Pilatre de Rozier und der Marquis d'Arlandes. Jener versuchte erst mittelst eines am Seile befestigten Ballons, wie sich durch abwechselnde Vermehrung und Verminderung des Feuers unterhalb einer Montgolfière, diese nach Belieben zum Steigen oder Sinken bringen ließ. Der Luftballon bestand also in einem mit verdünnter warmer Luft erfüllten Ball, der unten offen war und unterhalb dessen Oeffnung eine Glutpfanne hing, in welcher sich das Feuer nach Belieben verstärken oder schwächen ließ. Die genannten Männer bedienten sich einer Maschine von 60000 Cubikfuß Inhalt, welche eine Last von 1600 bis 1700 Pfund trug, und erhoben sich in derselben am 21. Novbr. im Schlosse la Muette, wurden vom Winde über einen Theil von Paris und über die Seine getrieben und sanken ohne Beschädigung zu erleiden, nach 25 Minuten 5000 Toisen vom Orte des Aufsteigens wieder herab.

Charles und der eine Robert machten bald darauf den 1. Decbr. 1783 die erste Luftfahrt in einem mit Wasserstoffgas gefüllten Ballon. Dieser Ballon hatte 26 Fuß im Durchmesser und war von Taffent. Er flog mit seiner Last in den Tuilerien auf und schwebte in einer Höhe von 250 bis 300 Toisen ungefähr 2 Stunden lang fort, bis er in der Ebene bei Nesle, 9 Stunden von Paris niedersank. Hier stieg Robert aus und der auf diese Weise um 130 Pfund erleichterte Ballon erhob sich nun mit Charles aufs Neue und zwar bis zu einer Höhe von 1500 Toisen. Nach 35 Minuten sank er jedoch bei Tour du Lay herab, ohne daß Charles eine Beschädigung erlitt. Es wurden nun durch diese ersten glücklichen Versuche ermuthigt von vielen Personen Luftfahrten theils in Montgolfièren, theils in Charlièren gemacht. Das größte Aufsehen erregte aber die Reise, welche Blanchard, ein Franzose, und Jefferies, ein Amerikaner, über den Kanal machten. Sie bedienten sich eines schon bei 5 Luftfahrten erprobten Ballons mit Wasserstoffgas und bewerkstelligten so die Reise über den Kanal von Dover nach Calais am 7. Januar 1785. Das Gas entwich indeß zum Theil aus dem Ballon, wodurch derselbe sank und die Reisenden in die Gefahr kamen ins Meer zu fallen. Um den Ball zu erleichtern und dadurch wieder zum Steigen zu bringen, mußten sie nicht allein allen Ballast, den sie mitgenommen, sondern auch alle ihre Sachen und sogar einen Theil ihrer Kleider wegwerfen. Auf diese Weise gelang es ihnen wohlbehalten im Walde von Guiennes anzukom-

men. Der König von Frankreich beschenkte Blanchard mit 12000 Franken und einer jährlichen Pension von 1200 Franken.

Sehr unglücklich lief dagegen ein anderer Versuch über den Kanal mittelst einer Montgolfière zu setzen ab, welchen Pilatre de Rozier und Romain anstellten. Sie stiegen am 15. Juni 1785 zwischen Calais und Boulogne auf. Nachdem sie schon eine Zeitlang über dem Meere geschwebt, wurden sie vom Winde nach dem Lande zurück getrieben. Da, in einer Höhe von 1200 Fuß, entzündete sich die Maschine und die beiden Männer stürzten herab, wodurch sie so zerschmettert wurden, daß man kaum die menschliche Gestalt an ihnen wieder erkennen konnte. Dieses Unglück ist der Grund, warum spätere Luftfahrer sich selten der Montgolfièren bedient haben, obschon sie, abgesehen von der Gefahr des Verbrennens, Vorzüge vor den Charlièren besitzen, von denen sogleich näher die Rede sein wird.

Interessant ist die Luftreise welche Crosbie am 19. Juni in Dublin anstellte, um über den Kanal nach Holyhead in England zu fahren. Die Gondel war mit einem zweckmäßigen Rande versehen, um im unglücklichen Falle als Kahn zu dienen. Er nahm 300 Pfd. Ballast mit, wovon er aber 50 Pfd. beim Aufsteigen wegwarf. Anfangs trieb ihn ein gerader Westwind nach England, bald aber wurde der Wind NO., und so befand er sich 40 engl. Meilen von der irländischen Küste im Anblick beider Länder, ein Schauspiel, welches er als alle Vorstellung übertreffend schildert. Die Kälte war so stark in der großen Höhe, daß seine Dinte gefror und das Quecksilber des Thermometers bis in die Kugel sank. Crosbie selbst befand sich unwohl und fühlte einen heftigen Druck gegen das Paukenfell. In der größten Höhe glaubte er still zu stehen, ließ aber etwas Gas entweichen und sank herab, kam aber dabei in einen nördlichen Luftstrom, sank bald darauf durch eine Wolke, worin er Blitz und Donner wahrnahm, und kam nahe über das Wasser, gegen welches der Wind ihn so heftig trieb, daß alle Bemühungen, Ballast auszuwerfen, vergebens waren, das Wasser in die Gondel drang, seine Beobachtungsregister zerstörte und er selbst seine Korkweste anlegte. Hier zeigte sich der Nutzen der Einrichtung seiner Gondel, welcher sein eigenes Gewicht und das des eingedrungenen Wassers als Ballast diente, so daß er vermittelst des fliegenden Ballons mit reißender Schnelligkeit nach der Küste trieb, wo ihn ein Schiff von Dunleary auffing, den Ballon befestigte und alles wohlbehalten in diesen Hafen brachte.

Mit Ausübung und Verbesserung der Luftschifffahrt beschäftigte sich sehr viel der Graf Zambeccari, indem er um den Ballon lenken zu können, eine Charlière mit einer Montgolfière verband (s. d. Folg.) und selbst mehremale aufstieg. Er hatte bei seinen Luftfahrten verschiedene Unglücksfälle. Den 7. Octbr. 1803 stieg er mit noch zwei andern zu Bologna auf, und zwar ging der Ballon bis zu einer solchen Höhe hinauf, daß die Luftschiffer ganz erstarrten und dem Grafen Zambeccari nachher in Venedig drei Finger abgenommen werden mußten. Der Ballon fiel endlich ins Meer und die drei Männer wurden durch einen Schiffer gerettet. Der Ballon aber flog nach dem Abschneiden

der Gondel bis nach Bosnien und fiel bei der türkischen Festung Bihacs nieder. Dort erregte er solche Verwunderung, daß ihn der Commandant für einen Boten des Himmels ansah, ihn in Stücke zerschneiden ließ und diese an seine Freunde vertheilte. Bei einer zweiten Luftfahrt 1804 fiel Zambeccari ebenfalls ins adriatische Meer.

Es sind seitdem sehr viele Luftfahrten unternommen worden, aber immer sind die Luftballons nur erst noch ein lebensgefährliches Spielzeug geblieben. Nützliche Anwendungen sind ohne großen Erfolg versucht worden. Die vorzüglichsten Leistungen der Luftballons sind die, daß sie Naturforschern Gelegenheit gegeben haben, die Beschaffenheit der Atmosphäre in verschiedenen Höhen kennen zu lernen, jedoch fast nur um schon bekanntes zu bestätigen. Am 24. August 1804 unternahmen die beiden berühmten franz. Physiker Biot und Gay-Lussac eine Luftfahrt und den 16. Septbr. stieg Gay-Lussac allein auf. Er erreichte eine Höhe von 3600 Toisen, d. i. 333 Toisen höher als der Chimborazo.

Im französischen Heere wurden während des Revolutionskrieges Anwendungen des Luftballons zu Auskundschaftung der Stellungen des Feindes gemacht, welche besonders durch den franz. General Meusnier betrieben wurden. So ließen die Franzosen am Tage der Schlacht bei Fleurus einen Ballon von 57 Fuß Umfang aufsteigen, welcher, weil es nur um eine senkrechte Aufsteigung zu thun war, durch 30 bis 40 Pferde gehalten wurde. Officiere in der Gondel des Ballons beobachteten das Lager der Oesterreicher und nachdem sie ihre Beobachtungen auf Zettel geschrieben, ließen sie dieselben an einer mit Blei beschwerten Schnur herab. Gegen einen Luftballon bei Maubeuge sollen 17 Kanonen ohne Erfolg gerichtet gewesen sein. — Man hat endlich kleine Charlièren statt der elektrischen Drachen (s. d. Art.) zu Beobachtungen über die Elektricität hoher Luftschichten angewendet. Man befestigt eine kleine Charlière aus Goldschlägerhaut an eine Schnur, in welche Metallfäden eingewebt sind, und bringt an dem Ball selbst eine metallene Spitze an, welche durch einen Draht mit der Schnur verbunden wird, das untere Ende der Schnur wird isolirt.

Die größeren Charlièren werden aus leichten seidenen Zeugen, wohl auch aus baumwollenen verfertigt, welche man mit einem Firniß überstreicht, um sie für das Wasserstoffgas weniger durchdringlich zu machen. Anfangs nahm man zu diesem Firniß in Terpentinspiritus aufgelöstes Federharz, nachher hat man sich vorzüglich des mit Terpentinspiritus verdünnten Leinölfirnisses bedient, welcher leichter trocknet. Man gibt den Ballons immer die Kugelgestalt, weil sie so bei der möglich kleinsten Oberfläche den größten Inhalt haben. Der Ball wird mit einem Netz von seidenen Schnüren überzogen und an dieses die Gondel befestigt, so daß auch die Seiten der Gondel, welche sehr leicht sein müssen, von den Schnüren umgeben werden, damit der Luftfahrer nicht bei einer plötzlichen Wendung des Ballons, die er durch die in der Atmosphäre wechselnden Luftströmungen erhält, herausgeworfen werde. Unterwärts hat der Ball einen Schlauch, durch welchen er mit Gas gefüllt und der nach der Füllung geschlossen wird. Um den Ball nach

Belieben steigen zu machen, nimmt man in die Gondel mit Sand gefüllte Säcke, Ballast, mit. So wie der Luftschiffer von diesem Sande ausschüttet, wird der Ballon erleichtert und steigt folglich höher. Ferner dient zur Lenkung der Charlièren eine Klappe oberwärts im Ballon, welche für gewöhnlich geschlossen ist, aber mittelst einer durch den Schlauch des Balles in die Gondel reichenden Schnur vom Luftschiffer geöffnet werden kann. Soll der Ballon sinken, so öffnet der Luftfahrer die Klappe, alsbald entweicht einiges Gas aus dem Ballon, derselbe nimmt einen kleineren Raum als vorher ein, verdrängt folglich einen geringeren Theil der Atmosphäre aus der Stelle, und da er selbst an Schwere verhältnißmäßig weniger verloren hat, so sinkt er herab. Je höher der Ballon in der Luft aufsteigt, desto geringer wird der Druck der Atmosphäre gegen seine Wände, desto mehr dehnt sich folglich das Wasserstoffgas im Innern des Balles aus, und der Luftfahrer muß endlich die Klappe öffnen, wenn der Ball nicht zerplatzen soll. Die Charlièren werden des zuletzt erwähnten Umstandes wegen, von Anfang an niemals ganz gefüllt, damit sich das Gas eine Zeitlang ausdehnen könne, ehe die Gefahr des Platzens eintritt. Durch das Auswerfen des Ballastes also kann der Luftfahrer den Ballon steigen, durch Oeffnen der Klappe ihn sinken lassen, und so kann er es durch gehörige Reglung beider Manöver dahin bringen, daß beim endlichen Niedersinken des Balles, dieser an einem passenden gefahrlosen Orte und allmählig, d. h. mit geringer Fallgeschwindigkeit die Erde berühre. Diese Mittel, den Ballon Steigen und Sinken zu machen, haben nur den Einen großen Nachtheil, daß sie nicht von unausgesetzter Anwendung sind. Durch jede Oeffnung der Klappe wie durch jedes Auswerfen von Ballast leidet der Luftschiffer einen nicht wieder zu ersetzenden Verlust, und muß daher sehr vorsichtig damit sein. Das Gas zur Füllung des Ballons wird in der Regel aus Eisenfeil mit verdünnter Schwefelsäure gewonnen. Hierbei werden gewöhnlich auf 1 Cubikfuß Gas im Mittel 4 Unzen Eisenfeil, 6 Unzen Vitriolöl und 18 Unzen Wasser gerechnet; oder 4,5 Unzen Eisen, eben so viel Vitriolöl und 22,5 Unzen Wasser; oder 6 Unzen Zink, gleichviel Vitriolöl und 30 Unzen Wasser. Das Eisen wendet man besser in Stücken als in Gestalt von Feile an, weil diese sich leicht zusammenballt und zu große Hitze entwickelt. Statt des Wasserstoffgases hat man sich auch des Steinkohlengases bedient. Es ist viel weniger kostbar als Wasserstoffgas, aber schwerer als dieses. Während Wasserstoffgas etwa $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{10}$ soviel als ein gleiches Volumen atmosphärischer Luft wiegt, ist für Steinkohlengas dieses Verhältniß $= \frac{1}{4}$.

Da ein Luftballon sich nur dann erhebt, wenn sein Gewicht kleiner ist als ein dem seinen gleiches Volumen atmosphärischer Luft, so kann man nicht aus jeder Substanz Bälle von beliebiger Größe machen. Die Inhalte verschiedener Kugeln verhalten sich wie die Cuben der Durchmesser, die Oberflächen nur wie Quadrate der Durchmesser.

Die Oberfläche einer Kugel nimmt also bei weitem nicht in dem Maße mit dem Radius zu, wie der Kubikinhalt. Da nun der Ueberschuß des Gewichtes zwischen dem des ganzen Ballons und dem eines gleich großen Volumens Luft angibt, welche Grenze des Gewichts die Masse des Ballons und alles was er an Last zu tragen hat, noch nicht erreichen darf, wenn der Ballon steigen soll, so ergibt sich hieraus: 1) daß in Bezug auf jeden zu wählenden Stoff ein gewisser Durchmesser des Ballons der möglich kleinste ist, nämlich der, bei welchem das Gewicht des nöthigen Stoffes nur eben noch kleiner als jene Differenz ist, und 2) daß jeder Ballon, aus welchem Stoffe er auch bestehen mag, eine um so größere Last in die Höhe zu heben vermag, je größer sein Durchmesser ist. Die kleinsten Charlièren hat man aus Schafhäutchen verfertigt. Diese werden beim Lammen der Schafe erhalten, über mit Unschlitt bestrichene Formen gespannt und durch ihren eigenen Leim zusammen geklebt. Auf diese Weise kann man kleine Ballons von 3 — 36 Zoll Durchmesser herstellen, welche natürlich nur zur Belustigung dienen können. Aehnliche Ballons werden auch aus Goldschlägerhaut verfertigt; dieselben müssen wenigstens 6 Zoll im Durchmesser haben. Die Goldschlägerhaut wird aus dem Innern des Dickdarms von Ochsen gewonnen. Man läßt die Därme in Wasser etwas maceriren, zieht dann die innere Haut ab, spännt sie auf, reinigt sie vom Fett, reibt sie mit Bimstein ab und überzieht sie zum Schlagen des Goldes mit Firniß.

Die kleinsten Montgolfièren kann man aus der Matte der Elsenraupe bereiten. Hauptmann von Hebenstreit läßt die Elsenraupen ihre Matten in allen möglichen Formen und auch als Montgolfièren weben. Diese sind ohne Nath, zwei bis drei Fuß hoch und von 2 bis 2½ Fuß oberen Durchmesser, unten durch einen dünnen Fischbeinstreifen aufgespannt und können durch einen angezündeten Fidibus zum Steigen gebracht werden. Man verfertigt auch kleine Montgolfièren von Papier, welche unten eine Oeffnung haben, in der ein Draht angebracht ist, an welchen ein Büschel in Spiritus getränkter Baumwolle befestigt wird. Zündet man den Spiritus nachher an, so wird die Luft im Ballon verdünnt und ausgedehnt, und derselbe erhebt sich in die Luft. Die größeren Montgolfièren sind aus Leinwand verfertigt und inwendig mit Papier ausgefüttert worden. Um sie gegen das Verbrennen zu schützen, werden sie inwendig mit einer Erdfarbe überstrichen oder vorher in einer Auflösung von Salmiak und Kalk eingeweicht; äußerlich überzieht man sie mit Oelfarbe, um sie vor Zerstörung durch den Regen zu schützen. Die Montgolfièren haben unterhalb ebenfalls eine Oeffnung, an welche ein Hals von einigen Fuß Höhe angenäht ist. Statt der Gondel ist unterhalb eine aus Weiden geflochtene Gallerie angebracht, die mit der innern Seite an den Hals befestigt wird und nach außen an Seilen hängt, deren Enden an das den obern Theil des Ballons bedeckende Netz geknüpft sind. Ungefähr ein Fuß über dem untern Rande ist inwendig eine Gluthpfanne mit eisernen Stäben, die etwa 0,3 des inneren Raumes des Halses einnimmt, oder eine blechene Flasche mit Weingeistlampen an Ketten aufgehängt und im Schlauche sind Ein-

schnitte angebracht, damit das Feuer durch sie von den Luftschiffern regiert werden kann. So wie nämlich die Hitze verstärkt wird, wird der Ballon zum Steigen bestimmt und durch Verminderung der Hitze zum Sinken. Man hat besondere Vorrichtungen angebracht, um eine beliebige Anzahl der Weingeistlampen nach Bedürfniß auslöschen oder anzünden zu können. Auf diese Weise lassen sich die Montgolfièren bei weitem bequemer als die Charlièren in Bezug auf Steigen und Sinken regieren. Auch kommt es bei den Montgolfièren weniger als bei den Charlièren darauf an, daß der Ballon luftdicht ist, weil der Wärmeverlust, den sie erleiden, sogleich wieder ersetzt werden kann, während der Luftschiffer bei einer Reise mit einer Charlière das einmal entwichene Gas nicht wieder ersetzen kann. Um größere Montgolfièren zu füllen, wird ein eigenes Gerüst gebaut, mit einem etliche Fuß über dasselbe hervorragenden und etwas engeren Schornsteine, als der Hals der Montgolfière ist. Der Rand des Halses wird dann auf das Gerüst gelegt, die zusammengefaltete Maschine mit einem Seile durch Hilfe einer an aufgerichteten hohen Bäumen befestigten Rolle oder eines Flaschenzuges in die Höhe gezogen; dann wird auf einem Roste unter dem Schornsteine ein leichtes und wenig Rauch gebendes Feuer angezündet, so daß die erhitzte Luft in dem Halse der Montgolfière aufsteigt und diese anschwellt. Ist dieses hinlänglich geschehen, so wird sie etwas seitwärts geschoben, die Aëronauten besteigen mit den erforderlichen Geräthschaften die Gallerie, zünden so viele Lampen an als sie nöthig glauben, und steigen so in die Höhe.

Um die Steigkraft eines Luftballons zu bestimmen, diene folgende Betrachtung. Das Gewicht eines Kubikfußes atmosphärischer Luft sei $= A$, das Gewicht eines Kubikfußes des leichtartigern Gases, womit der Ball gefüllt werden soll, sei $= B$, und k der Rauminhalt des Ballons in Kubikfußen, so ist das Gewicht der verdrängten atmosphärischen Luft $= kA$, das Gewicht des Gases $= kB$, das Gewicht der Hülle sammt der Gondel und allem was mitgenommen werden soll, sei $= p$. Damit der Ballon weder steige noch falle, sondern bloß schwebe, muß offenbar sein $kA = kB + p$. Damit er aber steige, muß die zweite Größe kleiner werden. Das Bestreben zu steigen, oder die Steigkraft S, wird mithin gleich sein der Differenz beider Größen, oder $S = kA - kB - p = k(A - B) - p$. Man kann auch fragen, wie groß ein Ballon sein müsse, damit er steige? Das kommt darauf an, wie schwerartig der Stoff ist, aus dem die Hülle verfertigt wird. Wir wollen die Frage so setzen: wie groß muß er sein, damit er bloß schwebe? Es bezeichne hier p bloß das Gewicht der Hülle, d den Durchmesser des Ballons, f den Flächeninhalt, k den Kubikinhalt desselben, Q das Gewicht eines Quadratfußes des Stoffes zur Hülle, A (wie oben) das Gewicht eines Kubikfußes atmosphärischer Luft, B das Gewicht eines Kubikfußes des leichtartigeren Gases. Wie man sieht, so sind die letzteren drei Größen bekannt; d, f, k und p unbekannt. Offenbar aber ist (wenn der Ballon schweben soll) sein Gewicht sammt dem in ihm enthaltenen Gas, oder $p + kB = kA$, mithin

$p = kA - kB = k\ (A - B)$, und daher $k = \frac{p}{A - B}$. Das Gewicht p ist zwar unbekannt, aber ganz sicher ist es es $= fQ$. So wäre denn $k = \frac{fQ}{A - B}$. Zwar ist f auch unbekannt, allein nach den Lehren der Stereometrie ist der Kubikinhalt einer Kugel oder $k = \frac{fd}{6}$, mithin ist (wenn in der vorigen Gleichung statt k dieser Werth gesetzt wird) $\frac{fd}{6} = \frac{fQ}{A - B}$, mithin $\frac{d}{6} = \frac{Q}{A - B}$, also $d = \frac{6Q}{A - B}$. Ist (um ein Beispiel zu haben) $A = 2{,}3$ Loth, $B = 0{,}3$ Loth, $Q = 0{,}5$ Loth, so ist der Durchmesser des Ballons, oder $d = \frac{6 \times 0{,}5}{2{,}3 - 0{,}3} = \frac{3}{2} = 1{,}5$ Fuß. Nun schwebt der Ballon. Soll er steigen, so muß natürlicher Weise d größer werden.

Es wurde schon oben erwähnt, daß sich der Graf Zambeccari einer Maschine bediente, welche aus einer Charlière und einer Montgolfière zusammengesetzt war, und die man eine Carolo-Montgolfière nennen kann. Die Charlière hatte 39′ 9″ Durchmesser und war unten mit zwei Schläuchen zum Füllen versehen. Ueber der obern Hälfte lag ein starkes Netz von 128 Maschen und lief von der Mitte aus durch vier kleinere Reihen vermindernd herab, bis sich die letzten in 16 Punkten endigten, an denen eben so viele Stricke hingen, und sich unten in einen 4,25 Fuß weiten Ring endigten. In dem zwischen ihnen befindlichen konischen Raume war die Montgolfière angebracht, eine Art Sack, gleichfalls aus Seidenzeug, welcher am Boden 22,6 Fuß Durchmesser und 15,9 Fuß Höhe hatte. Von einem Flaschenzuge unter dem Ballon ging eine Kette durch den Boden der Montgolfière und trug eine an drei Armen hängende Weingeistlampe in Gestalt eines Ringes von 1 Fuß innerem Durchmesser mit 32 Klappen, wodurch eben so viele Flammen ausgelöscht oder entzündet werden konnten. Sie faßte 24 Pfund Weingeist und konnte heraufgezogen und herabgelassen werden. Am Ringe unter der Montgolfière war die Gallerie für die Aëronauten angebracht, aus drei starken Reifen von Buchenholz, welche durch 16 gleich weit entfernte Stricke an einander befestigt waren. Der unterste Reifen war doppelt und trug ein Gitter von zolldicken Stäben als Boden, in welchem ein 21 Z. weiter, nachher mit einem Netze bedeckter Ausschnitt zum Einsteigen gelassen war. Das Gesammtgewicht der Maschine und alles dessen, was sie trug, war 1984 Pfund.

Das Haupthinderniß einer größern und nützlicheren Anwendung der Luftballons liegt in dem Umstande, daß man dieselben zwar nach Belieben steigen und sinken lassen, aber sie nicht in beliebiger horizontaler Richtung bewegen kann. Man hat zwar vielfache Vorrichtungen vorgeschlagen, um mit ihnen eine beliebige Lenkung des Luftballons hervor-

zubringen, aber ohne Erfolg. Bei einem Schiffe läßt sich die Lenkung durch Steuer und Segel bewirken, weil man hier zwei Elemente, Luft und Wasser hat, um den Widerstand des einen gegen das andere zu benutzen. An einem Luftballon lassen sich aber zu Erreichung einer freien Lenkung weder Steuer noch Segel anbringen, so wenig wie es möglich ist, an einem Schiffe mit dem bloßen Steuerruder ohne Segel der Strömung des Wassers Widerstand zu leisten. Wie man jedoch mit Hilfe vom Schwimmgürteln oder mit Luft gefüllter Blasen auf dem Wasser schwimmen und nun Arme und Beine benutzen kann, um sich eine beliebige Richtung zu geben, so scheint es, müßte man auch in der Luft mit Hilfe künstlicher Flügel schwimmen können, nachdem man sich durch einen kleinen Luftballon soweit erleichtert hat, daß ein ähnliches Verhältnißniß zwischen dem Gewicht des Körpers, welcher zu heben ist, und der Kraft der Arme, welche dieses bewerkstelligen sollen, wie bei den Vögeln stattfindet. Der Umfang des hierzu nöthigen Luftballons würde aber immer noch sehr groß sein müssen und daher der Luft eine so große Fläche darbieten, daß den Widerstand der Luft gegen dieselbe zu überwinden unmöglich wäre. Bedenkt man die Macht der bewegten Luft, des Windes und Sturmes, so muß man fast verzweifeln, daß es dem Menschen jemals gelingen werde, wie das Meer, so die Luft nach jeder beliebigen Richtung zu durchschiffen. Von den vielen Versuchen Apparate zu erfinden, um zu fliegen, verdient nur die Vorrichtung von Degen nähere Erwähnung. Sie hat zwei Flügel, deren Gerippe aus Rohr ist. Die Flügelfläche besteht aus vierthalbtausend Klappen, welche bei der Bewegung des Flügels nach aufwärts sich öffnen, bei seiner Bewegung nach abwärts dagegen sich schließen. Die Klappen sind aus gefirnißtem Papier. Jeder Flügel hat eine Länge von $10\frac{1}{2}$ und eine Breite von 9 Fuß. Der Schlag der Flügel wird durch die Arme und Füße hervorgebracht mittelst einer Bewegung des Körpers, die der beim Springen ähnlich ist. Auch ist oben ein Luftball mit brennbarer Luft angebracht, der ihn und die Maschine zum Theil trägt. Ohne Luftball aufzusteigen hatte er nie versprochen. Auch gesteht er selbst (in einer kleinen Schrift), daß seine Flügel mit denen der Vögel nicht verglichen werden können, mit denen sie nichts gemein haben. Er ist seit dem Jahre 1808 mehre Male mit Beifall der Zuschauer gestiegen.

Luftelektricität, Elektricität der Atmosphäre. Bekanntlich hat zuerst Benjamin Franklin durch die Erfindung der Blitzableiter auf unwiderlegliche Weise dargethan, daß die Atmosphäre in großer Menge Elektricität enthalten könne, welche sich im Gewitter äußere. Die ersten Beobachtungen über die atmosphärische Elektricität wurden mittelst den Blitzableitern ähnlicher eiserner Stangen und mittelst elektrischer Drachen gemacht. (S. d. Art. Blitz und Drache elektrischer.) Cavallo gab zuerst ein einfaches und bequemes Mittel an, um die Elektricität der Atmosphäre aus dem Fenster eines Zimmers zu beobachten. An dem vorderen Ende einer mehre Fuß langen Stange von Holz wird ein mit Siegellack überzogenes Glasstäbchen befestigt, an

dessen Ende sich eine Korkkugel befindet. In letztere ist eine Nadel gesteckt, die an einem Bindfaden befestigt ist, dessen zweites Ende der Beobachter in der Hand hält. Soll die Elektricität der Atmosphäre untersucht werden, so wird der Stab zum Fenster des oberen Stockes eines Hauses hinaus und das andere Ende mit der Kugel so hoch gehalten, daß er mit dem Horizonte einen Winkel von 50 bis 60 Graden bildet. Hat das Instrument einige Zeit diese Lage gehabt, so wird die Stecknadel mittelst des Bindfadens aus der vorderen Kugel gezogen und der elektrische Zustand der Kugel geprüft (mittelst eines Elektroskopes). Bei Regenwetter bringt Cavallo über dieser Röhre einen kleinen Schirm von Eisenblech an, um jene trocken zu erhalten. Ein ähnliches Verfahren wandte Coulomb an. Eine kleine Metallkugel wurde an das Ende eines Siegellackstäbchens befestigt, welches dieselbe isolirte, und das Stäbchen an das Ende einer 3 bis 6 Fuß langen hölzernen Stange angebracht. Zur Prüfung des elektrischen Zustandes der Atmosphäre wird die Stange in der Luft in die Höhe gehalten und die kleine Kugel auf einen Augenblick mit einem Metallstabe oder mit einem in der Hand gehaltenen Metalldrahte berührt. Nach beendigter Berührung senkt man die kleine Kugel und prüft ihre Elektricität. Bei den angegebenen Vorrichtungen ist zur Prüfung der Kugel immer noch ein getrenntes Elektrometer nöthig (s. d. Art. Elektrometer); andere Physiker haben mit großem Erfolge den zum Einsammeln der Elektricität dienenden Leiter an dem Elektrometer selbst befestigt. Saussure bewaffnete den obern Punkt seines Elektrometers mit einer Spitze und ließ gewöhnlich den etwa 2 Fuß langen Draht aus mehren Stücken zusammensetzen, um ihn mittelst eines Futterals bequem in der Tasche transportiren zu können. Das Elektrometer wurde vor dem Regen durch einen am Glase angebrachten Schirm geschützt. Mittelst dieser Vorrichtung findet man im Freien fast stets Spuren von Elektricität. Am vortheilhaftesten ist es nach Volta auf der Spitze des Elektrometers eine Flamme, etwa eine kleine Weingeistflamme, ein Ende Schwefelfaden oder ein Stück brennenden Schwammes anzubringen. Durch die Verbrennung selbst wird zwar auch Elektricität erregt, allein dieselbe ist zu unbedeutend, um bei der Beobachtung der atmosphärischen Elektricität in Betracht zu kommen.

In Bezug auf diese verschiedenen Arten der Luftelektricität ist zu bemerken, daß die Atmosphäre meistens positiv elektrisch ist und zwar um so stärker, je höher man sich in ihr erhebt. Ein vertical in der Luft gehaltener isolirter Leiter wird durch Vertheilung (s. d. Art. Elektricität) elektrisirt, daher wird sein oberes Ende negativ, sein unteres positiv elektrisch. Prüft man daher sein unteres Ende, wie dieses bei den aufgerichteten Stangen, beim Drachen und bei den Spitzen nach Saussure und Volta geschieht, so erhält man Anzeigen positiver Elektricität und zwar um so stärker, je leichter negative Elektricität aus dem oberen Ende ausströmen konnte. Die Angaben des Elektrometers geben folglich direct den elektrischen Zustand der Atmosphäre an. Bei den Vorrichtungen dagegen nach Cavallo und Coulomb wird die positive Elektricität des unteren Endes des isolirten Leiters nach dem

Boden abgeleitet und die Kugel behält negative Elektricität, welche das Elektrometer anzeigt. Man muß also um den elektrischen Zustand der Atmosphäre kennen zu lernen, die Angaben des Instrumentes umgekehrt nehmen.

Man kann sich aller Arten von Elektrometer bedienen, am bequemsten zum Transporte ist aber das Volta'sche Strohhalmenelektrometer, welches man nach Bedürfniß von verschiedener Empfindlichkeit einrichten, und deren verschiedene Exemplare man so einrichten kann, daß ihre Angaben auf einander bezogen werden können. *) Namentlich um auch in den Fällen die Elektricität der Atmosphäre untersuchen zu können, wenn man das Elektrometer nicht sogleich an derselben Stelle beobachten kann, haben sich Volta, Cavallo und Schübler bei ihren Untersuchungen eines einfachen Leidner Fläschchens von dünnem Glase mit 10 bis 12 Quadratzoll innerer Belegung bedient, dessen Leiter aus einem 2 Zoll über das Fläschchen herausragenden Metallstifte besteht, auf den durch eine isolirte Handhabe ein Metalldraht von 3 F. Länge gesetzt wird, welcher unten spiralförmig gewunden und oben mit einer Flamme versehen ist. Nach Ladung des Fläschchens wird dieser Draht wieder weggenommen. Man läßt die Elektricität etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Minuten in das Fläschchen strömen. Nach Entfernung des Drahtes kann man das Fläschchen ins Zimmer tragen und hier bequem seinen elektrischen Zustand prüfen. Um die Elektricität in einer solchen Flasche längere Zeit zu erhalten, hat Cavallo in den Hals der wie gewöhnlich belegten Flasche eine an beiden Enden offene Glasröhre gekittet, an deren unterem Ende ein kleiner Draht befestigt ist, der mit der unteren Belegung in Verbindung steht. Der Draht mit dem gewöhnlichen Knopfe der Flasche ist in eine andere Glasröhre gekittet, die so dünn ist, daß sie sich in jene erste stecken läßt, aber doppelt so lang ist. Der den Knopf tragende Draht ragt aus dieser Röhre hervor und kann leicht mit dem ersten die innere Belegung berührenden in Verbindung gesetzt werden. Hat man die Flasche geladen, so wird der Knopf mittelst der dünneren Glasröhre herausgezogen und die Flasche behält nun ihre Elektricität sehr lange. Wenn man später ihren elektrischen Zustand prüfen will,

*) Nach Volta kann dieses so geschehen, daß die Cylinder, an welchen die Pendel hängen, von zwei oder mehren Elektrometern durch Drähte verbunden werden. Man theilt ihnen nun eine beliebige Menge von Elektricität mit und vergleicht die gleichzeitigen Angaben der verschiedenen Instrumente. Wiederholt man diese Beobachtung für verschiedene Grade der Elektricität, so kann man sich mit Hilfe derselben eine Tafel entwerfen, welche dazu dient, die Angaben des am wenigsten empfindlichen Elektrometers auf die des empfindlichsten zu reduciren. Da indeß bei dieser ganzen Klasse von Elektrometern gleichen Aenderungen der Elektricität nicht gleiche Aenderungen in der Differenz der Pendel entsprechen, so ist es nach Kämtz noch passender, die Angaben einer Drehwage (s. d. Art. Elektrometer S. 237.) zu Grunde zu legen, welche zuerst mit dem empfindlichsten Elektrometer verbunden und mit diesem in angegebener Art verglichen wird.

so steck man die Röhre mit dem Knopfe wieder hinein und verfährt nun wie gewöhnlich bei der Prüfung des Elektrometers einer geladenen Flasche.

Mit jedem der angegebenen Instrumente kann man nun die Beobachtung machen, daß die Atmosphäre fast stets in einem gewissen Grade elektrisch ist, namentlich bei völlig heiterem unumwölkten Himmel. Sie besitzt in diesem Falle stets positive Elektricität in allen Jahreszeiten und in allen Tageszeiten. Bei schlechtem Wetter ist zuweilen die Atmosphäre auch negativ elektrisch, so wie sich aber der Himmel aufheitert, tritt alsbald positive Elektricität auf.

Eben so wie das Meer ein regelmäßiges Steigen und Sinken (s. Ebbe und Fluth) zeigt, wie auch der Barometer im Laufe eines jeden Tages zweimal einen höchsten und zweimal einen niedrigsten Stand hat, so treten ähnliche regelmäßige, täglich wiederkehrende Schwankungen auch in der Stärke der Luftelektricität ein. Saussure glaubte daß im Winter bei heiterem Wetter, wo er das Phänomen am besten bemerken konnte, die Elektricität von der Zeit an, wo der Thau zu fallen aufgehört hat, bis zum Aufgange der Sonne am schwächsten sei, hierauf allmählig wieder zunehme und früher oder später, fast immer aber vor Mittag, ein Maximum erlange, nachher aber wieder schwächer werde. Erst dann wenn der Thau zu fallen beginnt, erhebt sie sich wieder, erreicht hier oft eine Stärke, welche weit größer ist, als die, welche sie am Tage gehabt hatte und nimmt nun bis tief in die Nacht hinein wieder ab. Im Sommer sind diese Perioden weniger deutlich zu erkennen; nur dann wenn auf regnerische Tage einige heitere folgen, sind die Perioden im Sommer eben so wie im Winter.

Nach Saussure hat namentlich Schübler anhaltende Beobachtungen über die täglichen Schwankungen der Luftelektricitätsstärke in den Thälern des südlichen Deutschlands bei heiterem ruhigem Wetter gesammelt, wobei er zu folgenden Resultaten kam. Bei Sonnenaufgang ist die atmosphärische Elektricität schwach; sie fängt langsam zu steigen an, wenn sich die Sonne mehr über dem Horizonte erhebt, während sich gewöhnlich gleichzeitig die in den tiefern Luftschichten schwebenden Dünste vermehren. Gewöhnlich steigt die Elektricität unter diesen Umständen einige Stunden, an den längern Sommertagen bis gegen 6 oder 7 Uhr, im Frühling und Herbst oft bis gegen 8 und 9 Uhr, im Winter bis gegen 10 und 11 Uhr. Nach und nach erreicht sie ihr Maximum; gleichzeitig sind die untern Luftschichten oft sehr dunstig, die Luft nimmt an Feuchtigkeit zu und die Temperatur des Thaupunktes liegt höher als beim Sonnenaufgang, in der kältern Jahreszeit tritt aber wirklicher Nebel ein. Gewöhnlich bleibt die Elektricität nur kurze Zeit auf diesem Maximum stehen, sie vermindert sich wieder, anfangs schneller, dann aber langsam, gewöhnlich schneller als sie zuvor stieg; gleichzeitig vermindern sich die dem Auge sichtbaren Dünste in den untern Luftschichten; hatten sich Nebel gebildet, so verziehen sich diese, die Atmosphäre wird heiterer, auch entfernte Gegenstände werden dem Auge sichtbar. Gegen 2 Uhr Nachmittags ist die atmosphärische Elektricität gewöhnlich schon sehr schwach, oft nur wenig stärker als in der Frühe kurz nach

Sonnenaufgang; sie vermindert sich nun noch langsamer bis einige Stunden vor Sonnenuntergang, im Sommer bis gegen 4 — 5 und 6 Uhr, im Winter bis gegen 3 Uhr; sie bleibt verhältnißmäßig länger auf ihrem Minimum als Maximum. Sobald sich die Sonne dem Horizonte nähert, fängt sie wieder zu steigen an, mit Untergang der Sonne nimmt sie gewöhnlich sehr merklich zu, steigt nun mit Eintritt der Abenddämmerung immer mehr, und steht gewöhnlich $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden nach Sonnenuntergang auf ihrem zweiten Maximum; gleichzeitig bilden sich aufs neue Dünste in den untern Schichten der Atmosphäre; über Thälern, vorzüglich über Städten bilden sich oft große Dunstwolken; die Feuchtigkeit der Luft nimmt schnell zu, es fällt der Abendthau, wobei in Thälern oft eine sehr bemerkbare Abkühlung eintritt. Gewöhnlich ist die Elektricität während ihres zweiten Maximums wieder nahe hin so stark, wie einige Stunden nach Sonnenaufgang; auch auf diesem zweiten Maximum bleibt sie nur kurze Zeit stehen, sie wird bald wiederum schwächer und vermindert sich die Nacht hindurch langsam bis gegen Sonnenaufgang, wo sie mit Tagesanbruch dieselbe oben erwähnte Periode beginnt.

Auch die Jahreszeiten scheinen von Einfluß auf die Stärke der Luftelektricität zu sein. Nach Schübler ist die positive Elektricität der unteren Luftschichten am schwächsten in der ersten Hälfte des Mai, und am stärksten gegen die Mitte des Januar. Es ist zu bemerken, daß die positive Elektricität der untern Luftschichten am schwächsten ist zur Zeit der größten Trockenheit der Luft und am stärksten zur Zeit der größten Feuchtigkeit der Luft.

Romas, welcher Beobachtungen mittelst des elektrischen Drachens anstellte, machte die Bemerkung, daß die Spannung des Elektrometers um so bedeutender wurde, je höher sein Drache stieg, und machte hieraus den allgemeinen Schluß, daß die Stärke der positiven Elektricität der Luft mit der Entfernung von der Oberfläche des Bodens zunehme. Spätere Beobachter haben dieses Gesetz bestätigt gefunden und zwar reichen schon geringe Erhebungen hin, die Zunahme der Elektricität zu bemerken. Bei einem frei stehenden Thurme zeigte das Elektrometer in einer Höhe von 30 Fuß eine Divergenz von 15 Grad und in einer Höhe von 180 Fuß über den Boden 64 Grad. Auch in Berggegenden bemerkt man bei der Erhebung die Zunahme der Elektricität und zwar findet man sie um so bedeutender, je weiter man sich von ableitenden Umgebungen, Wäldern, Wohnungen u. s. w. befindet. Die stärkste Elektricität beobachtet man auf einzelnen freistehenden schroffen Felsenspitzen.

Durch diese Zunahme der Elektricität mit der Erhebung über den Boden erklärt sich nach Biot eine interessante von Ermann beobachtete Erscheinung. Ein sehr empfindliches Goldblattelektrometer wird bei heiterem Wetter in einer gewissen Höhe der Atmosphäre aufgestellt. Es gibt hier kein merkliches Zeichen von Elektricität. Man bringt nun in eine höhere Luftschicht, die nur einige Fuß über dem Elektroskope zu liegen braucht, einen Metalldraht, der an einen Isolator befestigt, einige Zeit horizontal gehalten wird, und senkt ihn rasch auf das Elek-

trometer bis zur Berührung herab. Alsbald divergiren die Blättchen mit positiver Elektricität; hält man dagegen den Stab horizontal in eine Luftschicht, welche einige Fuß unter dem Elektrometer liegt, und führt ihn nach einiger Zeit schnell gegen das Elektrometer, so divergiren die Blättchen mit negativer Elektricität. Der Leiter nimmt hier stets die Elektr. derjenigen Schicht an, in welcher er sich befindet; wird er aus dieser so schnell entfent, daß seine Elektricität sich nicht zerstreuen kann, so muß er dem Elektroskop denjenigen Zustand mittheilen, in welchem er sich befindet. Es bezeichne allgemein + E die Menge freier positiver Elektricität, die der Schicht eigenthümlich ist, in welcher sich das Elektrometer befindet, so bleiben nach Herstellung des Gleichgewichtes die Blättchen unbeweglich hängen, wenn ihnen ein Körper genähert wird, der nur + E hat. In einer etwas höheren Schicht ist die Elektricität stärker; es sei e der Zuwachs, so erhält der Stab hier + E + e; wird er dann dem Elektroskop genähert, so divergirt dieses mit + e. In der untern Schicht befindet sich eine schwächere Elektricität, also nur + E — e; wird der Stab schnell zum Elektrometer geführt, so gibt dieses an jenen so viel Elektricität ab, bis das Gleichgewicht zwischen beiden hergestellt ist, und die Blättchen divergiren mit — e, zeigen folglich negative Elektricität. (Vergl. d. A. Elektricität).

Als Quellen der Luftelektricität lassen sich vorzüglich folgende Umstände angeben: 1) die Reibung der Lufttheilchen an einander. 2) Die Berührung von Luftschichten von ungleicher Temperatur. Im allgemeinen wird von zwei sich berührenden Körpern der wärmere negativ, der kältere positiv elektrisch, und da auch die Wärme der Luftschichte mit der Höhe der Atmosphäre abnimmt, so erklärt sich hieraus der Umstand, daß die höhern Luftschichten stärker positiv elektrisch als die untern sind. Eine bei weitem stärkere Elektricitätsquelle, als die eben angeführten, ist aber 3) die Verdampfung, so wie die übrigen auf der Erde vor sich gehenden chemischen Processe. S. d. Art. Elektricität S. 116. Da der Wasserdampf positiv, das Gefäß aus dem er sich entwickelt negativ elektrisch zu sein pflegt, so erklärt sich auch hieraus die positive Elektricität der Luft und auch dieß, daß sie in den höheren Schichten zunimmt, weil ein Theil der Elektricität der niederen Luftschichten durch die negative Elektricität der Erde gebunden wird. Eine ebenfalls starke Elektricitätsquelle ist 4) die Vegetation. Pouillet hat durch directe Versuche gefunden, daß bei der Verbrennung die Kohlensäure im Augenblick ihrer Entstehung positive Elektricität habe, und schöpfte hieraus die Vermuthung, daß auch bei der Vegetation positive Elektricität entwickelt werde, und stellte folgenden prüfenden Versuch an. Zwölf gläserne mit Erde gefüllte und durch Drähte verbundene Schalen, deren äußere Ränder 1 bis 2 Zoll breit mit Lackfirniß überzogen waren und in denen Pflanzen wuchsen, gaben dem damit verbundenen Condensator stets negative Elektricität, ein Beweis, daß die entwickelten Gase positive Elektricität hatten. So wirken denn alle Umstände zusammen um die Atmosphäre in einen positiv, die Erde in einen negativ elektrischen Zustand zu versetzen, und da die Luft ein schlechter Leiter der Elektricität ist, so vergleicht Kämtz

die Atmosphäre mit einer Leidner Flasche, deren negative Belegung der Boden ist und deren positive Belegung die oberen Luftschichten sind. Ist die so sich bildende elektrische Spannung zu groß geworden, so wird ein Ausgleichen beider entgegengesetzter Elektricitäten durch die andern Luftschichten hindurch stattfinden, indem diese durch einen elektrischen Funken, den Blitz (s. d. Art.) zerrissen werden, gerade wie dieses bei einer überladenen Leidner Flasche der Fall zu sein pflegt.

Schon Schübler hat darauf aufmerksam gemacht, wie die täglichen und jährlichen Perioden der Elektricität (deren oben Erwähnung gethan) mit dem Gange der Feuchtigkeit im Zusammenhange stehen. Am Morgen erfolgt schnelle Verdunstung und die positiv elektrischen Dünste bewirken Divergenz des Elektrometers. Diese Elektricität wird schwächer; wie die Verdunstung nachläßt und am schwächsten zur Zeit der größten Trockenheit der Atmosphäre, wo die Dämpfe am höchsten stehen. Es kehrt die Atmosphäre zur Sättigung (mit Dämpfen) zurück, die Dämpfe sinken tiefer herab, die Luft isolirt minder gut, Vertheilung der Elektricität ist leichter möglich, und dieselbe erreicht einen zweiten höchsten Grad, zerstreut sich aber während der Nacht, wo die Verdunstung aufhört, nach und nach.

Den auffallenden Umstand, daß die positive Elektricität des heiteren Himmels im Sommer schwächer ist, als im Winter, obgleich der Verdunstungsproceß stärker ist, erklärt Kämtz daraus, daß im Sommer die Luft sich in einem trocknerern Zustande befindet, Wolken und Dünste die eigentlichen Magazine der Elektricität höher schweben und daher nicht vermögen, in dem Elektrometer eine so starke Divergenz durch Vertheilung hervorzurufen. Indem aber in eben der Jahreszeit Verdunstung und Vegetation kräftiger wirken, muß der Boden mehr negative Elektricität erhalten und diese mit größerer Stärke auf das Elektrometer in der Tiefe wirken, so daß letzteres schwächer mit positiver Elektricität divergirt. –

Schübler und Saussure haben auf die Stärke der Elektricität beim Niederschlage des Thaus aufmerksam gemacht. Nach Achard fällt in der Nacht kein Thau, wenn die Luftelektricität am vorhergehenden Tage unmerklich war. Auch die Nebel sind stets von sehr bemerkbarer Elektricität begleitet. Diese Elektricität ist stets positiv und nach Schübler ist diese Elektricität am stärksten in den kalten Jahreszeiten, wo die Nebel weit niedriger stehen und dichter sind, als im Sommer. Je dichter der Nebel ist, desto stärker ist die Elektricität. Wenn aus den Wolken und Nebel Regen herabfiel, hat man oft negative Elektricität gefunden, eine Folge der verdunstenden Wassertropfen, aus denen sich beim Herabfallen Dünste mit negativer Elektricität entwickeln, so daß die Tropfen selbst positiv elektrisch werden. Hiermit hängt aufs Genauste der Umstand zusammen, daß man auch bei Wasserfällen und Strudeln, Brechungen an Steinmassen negative Elektricität beobachtet hat; auch hier werden eine Menge verdunstender Wassertropfen gebildet.

Beim Regen kann man stets Elektricität beobachten, aber sie ist der Art nach sehr verschieden, öfter, wie es scheint, jedoch negativ als

positiv. Genauere Beobachtungen über das elektrische Verhalten der Atmosphäre vor, während und nach dem Regen hat Volta angestellt. Näherten sich die Wolken, so zeigte sich starke positive Elektricität; fielen die ersten Tropfen, so wurde diese schwächer, verschwand endlich und ging darauf in negative Elektricität über, die in wenigen Minuten so stark wurde, daß ein kleiner zum Fenster hinaus gehaltener Leiter Funken gab. So dauerte es eine halbe oder ganze Stunde fort. Regnete es aber mehre Stunden oder ganze Tage hindurch, so wurde auch die negative Elektricität sehr schwach. Nur wenn der Regen etwa auf kurze Zeit zunahm, wurde sie stärker, ging aber in positive Elektricität über, wenn der Regen auf einige Zeit aufhörte. Nach Foggo ist der Gang bei Regenschauern in England etwas verschieden. So lange nämlich die Wolke in einiger Entfernung von der Stange ist (an welcher die Elektricität beobachtet wird) hat die Luft gewöhnlich positive Elektricität; steht einmal der vorangehende Theil der Wolke über dem Leiter, so verliert sich die Elektricität und wird dann sogar negativ. Dieser Zustand dauert nur eine kleine Weile, geht in positiv elektrischen über, welcher anhält, bis die Wolke vorübergegangen ist, wo wieder negative Elektricität hervortritt, die dann durch die positive Elektricität der Atmosphäre verdrängt wird. Auch Kämtz hat öfters während eines Regenschauers kurz vorübergehende positive Elektr. beobachtet.

Nach Schübler kommt bei Niederschlägen aus der Atmosphäre $1\frac{1}{2}$ mal so oft negative als positive Elektricität vor. Nach demselben Naturforscher ist auch die Richtung des Windes von Einfluß auf die Art der Elektricität. Am häufigsten sind die Regen positiv elektrisch bei Nordwinden, am häufigsten negativ elektrisch bei Südwinden, und zwischen beiden findet ein allmäliger Uebergang statt. Im Zusammenhange mit dem Vorhergehenden scheint in diesem Umstande eine Erklärung jener auffallenden Verschiedenheit in der Art der Elektr. bei Regen zu liegen. Als Ursache positiver Elektr. müssen wir überhaupt die stets positiv elektrischen höhern Luftschichten ansehen, als Ursache negativer Elektr. haben wir die Verdunstung der Wassertropfen bei Regen, Wasserfällen u. s. w. gefunden. Ist nun die Temperatur und namentlich die diese bestimmende Windrichtung günstig, starke Verdunstung an den herabfallenden Regentropfen zu bewirken, so wird der Elektrometer beim Regen negative Elektr. anzeigen, ist dagegen die Temperatur und die sie bestimmende Windrichtung so, daß nur geringe Verdunstung der fallenden Tropfen stattfindet, so wirken die Regentropfen nur als Leiter der positiven Elektr. der höheren Luftschichten, aus denen sie kommen, und das Elektrometer wird die positive Elektr. der Atmosphäre anzeigen. Man sieht auch, daß Veränderungen in der Stärke des Regenfalles modificirend in der Art einwirken können, daß bei schnellerem heftigerem Regen dieser mehr als Leiter positiver Elektr., bei langsamerem Falle mehr als Quelle negativer Elektr. thätig ist.

Ueber das großartige Auftreten der Elektr. bei Gewittern muß ich auf die betreffenden Artikel verweisen. Ganz besondere Erwähnung verdient aber noch eine der merkwürdigsten elektr. Erscheinungen, welche nter dem Namen des St. Elmsfeuers oder des Hermesfeuers

bekannt ist und welche die Alten für Erscheinungen des Castor und Pollux hielten, und die darin besteht, daß bei Gewittern und bei einem stark elektr. Zustande der Atmosphäre an erhöhten und vorragenden Gegenständen, namentlich an metallenen Thurmspitzen, an den Spitzen der Mastbäume und des Stangenwerks auf Schiffen, an den Spitzen der Bäume und an andern Körpern rauschende Flammen erscheinen, welche eine Zeitlang ohne Schaden zu fügen fortdauern. Schon die Alten erzählen von solchen Phänomenen, die sie in einen abergläubischen Zusammenhange mit ihrem Götterglauben betrachten. Nach Livius glänzten in Sicilien die Wurfspieße einiger Kriegsleute, in Sardinien hat der Stock eines Ritters von wiederholten Blitzen geleuchtet. Plinius sagt, er habe Sterne auf den Lanzen der Soldaten und auf den Masten der Schiffe erblickt, die mit Zischen von einem Orte zum andern hüpften u. s. w. Die Schiffer der Alten hielten in Stürmen diese Erscheinung für Auftreten der aus dem Schiffbruch rettenden Götter Castor und Pollux, und hatten wenigstens was den rettenden Einfluß dieser Flammen betrifft Recht. Das St. Elmsfeuer ist nämlich eine Folge der sich ausgleichenden elektrischen Spannung, die sehr groß sein muß, und leitet folglich ein starkes Gewitter unschädlich ab, indem sich die positiv elektrische Wolke der negativ elektrischen Erdoberfläche so weit genähert hat, daß sich ohne Blitz die Elektricitäten ausgleichen. Der bei den herannahenden Wolken heftig wehende Sturm, welcher die Schiffer in Gefahr bringt, legt sich nach der Erscheinung des St. Elmsfeuers. Ein sehr interessantes Beispiel erzählt Forbin. „Im Jahre 1696 zog sich plötzlich während der Nacht ein schwarzes Gewölk zusammen, wobei erschreckliche Lichter und Donnerschläge entstanden. Weil ich einen starken Sturm befürchtete, ließ ich alle Segel einziehen. Wir sahen auf dem Schiffe mehr als 30 St. Elmsfeuer. Eins unter andern befand sich oben auf dem Windflügel des großen Mastes, welches mehr als anderthalb Fuß hoch war. Ich schickte einen Matrosen hinauf, es herunter zu bringen. Als er oben war, hörte er dieses Feuer ein Geräusch machen, wie wenn man angefeuchtetes Schießpulver entzündet. Ich befahl ihm, den Flügel abzunehmen und damit herunter zu kommen. Kaum aber hatte er ihn von der Stelle weggenommen, so ging das Feuer davon weg und setzte sich auf die Spitze des Mastes, ohne daß man es hätte davon abbringen können. Es blieb daselbst ziemlich lange, bis es nach und nach verging. Der gedachte Sturm hatte keine Folgen als einen starken Regen, der mehre Stunden dauerte.“ Ein anderes Beispiel erzählt Burchell: „Ich kehrte Abends von einem Besuche zurück, welchen ich den Missionären (im südl. Afrika) gemacht hatte, und als ich über die Wiese ging, bemerkte ich ein elektrisches Phänomen, das ich nur dieß einzige Mal in meinem Leben sah. Von jeder Himmelsgegend aus schienen Blitze auszugehen, die auf einander, in sehr kurzen Zwischenzeiten ohne Donner folgten. Alles rings umher war still und nur einzelne schwere Regentropfen entfielen einigen außerordentlich dichten und schwarzen Wolken. Plötzlich erblindete ich fast von einem glänzenden Schimmer, der vom Zenith herabgefahren zu sein schien,

und einen Augenblick lang schien jeder Grashalm 15 Fuß im Umkreise durch die elektrische Materie entzündet zu sein. Keine Explosion fand statt, nicht das mindeste Geräusch ließ sich hören und das Phänomen äußerte seine Wirkung auf durchaus keine andere Weise. Alles blieb ruhig und ich setzte meinen Weg fort, ohne daß die Erscheinung sich von neuem gezeigt hätte. Das grobe Gras hatte an jener Stelle einen Fuß Höhe und jeder Halm und jedes Blatt war stark erleuchtet, oder schien vielmehr zu brennen, doch weiter als 15 Fuß konnte ich diese Erscheinung nicht wahrnehmen.''

Da das St. Elmsfeuer auch häufig zur Zeit heftiger Schneefälle auftritt, so kommt es vor, daß die herabfallenden Schneeflocken leuchtend sind. Bei einem Schneewetter welches zu Freiberg stattfand und bei welchem nach Lampadius Beobachtung die Elektricität sehr stark war, bemerkte der Bergeleve von Thielau an der Halsbrückner Straße an den Zweigspitzen aller Bäume eine starke Lichterscheinung, welche aufhörte, wenn die Zweigspitzen der Bäume zur Erde gebogen wurden. Eben so sahen drei Bergleute auf der anderen Seite von Freiberg, daß der Schnee leuchtend zur Erde fiel. Dasselbe Phänomen des leuchtenden Schnees hat Forskall am 22. April 1759 zu Upsala gesehen, und Ende März 1823 wurde es auf dem Lochawe-See in Argileshire beobachtet. Beispiele die Gilbert zusammengestellt sind folgende: Dr. Allamand sah am 3. Mai 1821 in der Nähe von Neufchatel, daß sein Hut und Regenschirm leuchteten. Desgleichen bemerkte James Braid zu Leadhills am 20. Febr. 1817, daß die Ohren des Pferdes und der Rand des Hutes ganz leuchtend waren. Einige Zeit darauf fing es an heftig zu schneien und zu regnen. Sobald das Pferd naß geworden war, verschwand das Licht an den Ohren, aber das schwache Licht am Rande des Hutes erlosch nicht eher, als bis der Hut durch und durch naß war. Ehe der Regen anfing, schossen unzählige Funken nach dem Rande des Hutes und den Ohren des Pferdes. Eben so hatte man in der Nacht vom 17. Januar 1817 an vielen Gegenden der östlichen Küste der Vereinigten Staaten von Nordamerika Gewitter mit Regen und Schnee. Die Blitze folgten aufeinander fast ununterbrochen, aber nur auf wenige folgte Donner. Die Personen, welche sich um diese Zeit im Freien, an etwas hochliegenden Stellen befanden, sahen den Rand ihrer Hüte, ihre Handschuhe, die Ohren, den Schweif und die Mähnen der Pferde, an den Wegen stehendes Gesträuch, einzeln stehende Baumstämme u. dgl. mit lebhaften, wankenden und verschieden gestalteten Flammen umgeben, welche ein schwaches Geräusch hervorbrachten, ähnlich dem Simmern, welches man beim Kochen des Wassers kurz vor dem Sieden bemerkt.

Daß einige Physiker auch die Irrlichter für elektrische Phänomene gehalten haben, ist in dem betreffenden Art. gesagt worden. Auch der Hagel ist stets von einem stark elektrischen Zustande der Atmosphäre begleitet, s. d. Art. Hagel; und über die Wasserhosen als einem ebenfalls elektrischen Phänomen, s. d. Artikel Wasserhosen.

Aus dem Vorhergehenden sieht man im Allgemeinen, daß eine große Anzahl von Naturerscheinungen mit der Elektricität im Zusammenhang stehen, es drängt sich aber die Frage auf, ob die Elektricität als Ursache oder als Wirkung jener Erscheinungen zu betrachten sei. Es würde gegen den Zweck dieses Werkes sein, alle die verschiedenen Theorien auszuführen und zu beurtheilen, in welchen verschiedene Physiker die Elektricität namentlich als Ursache der Erscheinungen darzustellen bemüht gewesen sind, indeß glaube ich, daß schon aus dem oben gesagten und noch mehr aus der Lectüre der besondern Artikel, auf welche verwiesen worden, hervorgehe, daß die Elektricität zwar in den feurigen Phänomenen als wirkendes Prinzip offenbar heraus tritt, übrigens aber die meteorischen Erscheinungen vielmehr begleitet, oder durch sie erzeugt wird. Hierauf hat namentlich Kämtz aufmerksam gemacht und in Bezug auf die großartigste Erscheinung der Luftelektricität den parador klingenden Satz ausgesprochen: Das Gewitter wird nicht durch die Elektricität gebildet, die dabei auftretende Elektricität ist nur Folge des Gewitters. Die Gewitter bilden sich nämlich nur bei einem Zustande der Atmosphäre, welcher ein schnelles Entwickeln und Aufsteigen von Dünsten begünstigt, wodurch die Erde stark negativ und die höheren Luftschichten stark positiv elektrisch werden, erfolgt dann eine schnelle Concentration der angehäuften Dünste und ein Herabsinken der oberen Schichten, so ist eine Folge die im Blitz erfolgende Ausgleichung der entgegengesetzten Elektricitäten. — Zum Schluß mag noch eine durch Zeichnungen veranschaulichte Beschreibung zweier Luftelektrometer, eines feststehenden und eines tragbaren, welche von Pfaff herrührt, einen Platz finden. „A Fig. 195. ist eine starke, auf drei Füßen ruhende, wohl überfirnißte Glassäule, oben in eine wohl überfirnißte hölzerne Kugel B eingelassen, die sich in einen Zapfen C endigt. Auf diesen Zapfen paßt die überfirnißte hölzerne, wohl abgedrehte Scheibe D, mit welcher durch ein Charnier x die eigentliche Wetterstange EF verbunden ist. Dieses Charnier gewährt den Vortheil, daß man die Stange EF entweder horizontal, oder in jeder beliebigen Neigung gegen den Horizont und selbst in senkrechter Richtung in der Luft erhalten kann, indem man zwischen die Scheibe D und die Wetterstange Klötze von verschiedener Dicke schiebt. Bei einer Stange von 12 Fuß, wie diejenige ist, deren ich mich gewöhnlich bediene, kann man daher mit der größten Schnelligkeit die Abänderungen der Elektricität innerhalb einer Lufthöhe von 12 Fuß untersuchen. Die Wetterstange selbst ist, um sie tragbarer zu machen, aus mehren Stücken zusammengesetzt, von denen die oberen etwas verjüngt sind, und in das letzte Stück können noch Spitzen von verschiedener Länge, auch vielspitzige Einsauger eingesteckt werden. Längs der Wetterstange führt ein messingener Draht herab, der aus eben so vielen Stücken wie diese selbst besteht, die sich leicht mit einander verbinden lassen. Man kann diesen Apparat entweder im Freien aufstellen, oder in jeder Etage des Hauses die Stange zum Fenster hinausragen lassen, und zwar in jeder beliebigen Neigung bis beinahe zur senkrechten Richtung, da sich das isolirende Gestell ganz dicht an das Fenster rücken läßt.

Um mit größerer Bequemlichkeit den Schwamm oder Schwefelfaden auf die obere Spitze aufzustecken, kann man das oberste Stück der Wetterstange erst herabnehmen. Ein isolirter Messingdraht führt die Elektricität des Drahtes an der Wetterstange zu einem beliebigen Elektrometer mit oder ohne Condensator, zu einer Leidner-Flasche u. s. w. Bei starker Luftelektricität kurz vor, während oder nach einem Gewitter, vor einem Regen oder während desselben, so wie bei Schneegestöber, Hagel u. s. w. hat man den brennenden Schwamm nicht nöthig, sondern die bloße Spitze ist hinreichend, um wenig empfindliche Elektrometer mit größeren Kork- oder Hollundermarkkugeln in die größte Divergenz zu versetzen und zum Anschlagen zu bringen. Bei schwächerer Luftelektricität an einem heitern und warmen Sommertage ist jedoch selbst bei Anwendung eines Goldblattelektrometers der brennende Schwamm oder Schwefelfaden erforderlich, um einen merklichen Ausschlag zu erhalten. Es ist in der That bewunderungswürdig, in welchem Grade durch die Anwendung eines solchen brennenden Körpers die Anzeigen verstärkt werden. Wenn bei Anwendung einer sehr feinen Spitze oder eines vielspitzigen Einsaugers selbst mit Hilfe eines sehr guten Condensators keine Spur von Elektricität zu erkennen ist, so divergiren die Goldblättchen sogleich um einen Zoll und darüber, sobald man die Spitze mit brennendem Schwamme bewaffnet. Daß jedoch dieser an und für sich keineswegs die Quelle der Elektricität sei, davon überzeugt man sich sehr leicht, indem man damit auch nicht die geringste Spur von Elektricität erhält, auch wenn man den Versuch in einem sehr hohen Zimmer anstellt. Wenn der Regen die Anwendung des Schwammes oder Schwefelfadens verbietet, so kann man sich auch einer kleinen Laterne mit einem brennenden Lichte nach Volta's Rathe bedienen, die man auf beliebige Weise an der oberen Spitze befestigt. Ein Hauptvortheil bei dieser Vorrichtung ist, daß die Isolirung durch Regen, Feuchtigkeit u. s. w. nicht im geringsten gefährdet wird, da die Glassäule innerhalb des Zimmers sich befindet. Statt den Zuleitungsdraht auf die Kappe des Elektrometers aufzuschrauben, befestigt Volta denselben beim tragbaren Apparate am Ende seines Spazierstockes, so daß er völlig isolirt ist, was er durch ein zwei bis drei Zolle langes gläsernes Stäbchen, welches mit Siegellack überzogen ist, erreicht. Dieser dichte Glascylinder hat an dem einen Ende eine konische Röhre von Messing, in welche das Ende des Stocks paßt, an dem andern Ende aber eine Kappe, gleichfalls von Messing, auf welche der stählerne Leiter geschraubt wird. Eine mit Silberdraht durchzogene Schnur, die dadurch zum Leiter wird, befestigt man mit einem Knoten an dem Stahldrahte und läßt sie soweit herunter hängen, daß, wenn man den Stock mit der einen Hand in die Höhe hebt, das untere Ende der Schnur, welches sich in eine Schleife oder einen Ring endigt, an den Haken einer kleinen Leidner Flasche oder an die gleichfalls mit einem Haken versehene Kappe eines Flaschenelektrometers, das man mit der andern Hand in gleicher Höhe mit den Augen und in hinlänglicher Entfernung von dem Stocke hält, nach Willkür gehängt und wieder losgemacht werden kann. Die Zeichnung (Fig. 196.) stellt den ganzen Apparat dar, während daß eine Person die Luft-

elektricität mit demselben auf dem Felde, in einem Garten und so weiter untersucht. AB ist der Spatzierstock, dessen Knopf von der rechten Hand umfaßt wird, C die messingene konische Röhre, in welche die Spitze des Stockes gesteckt ist, D die mit Siegellack überzogene gläserne Säule, E die messingene Kappe, an welche der Stahldraht FG geschraubt ist, auf dessen Spitze G der Schwefelfaden vermittelst eines spiralförmig gedrehten Eisendrahtes oder auf andere Art befestigt wird. Endlich HJ ist die mit Metalldraht durchflochtene Schnur, die in J mit dem Elektrometer K, welches mit der linken Hand gehalten wird, verbunden ist. Man sieht leicht, daß der ganze Apparat auseinander genommen und mit Ausnahme des Stockes in ein Taschenfutteral nebst dem Feuerzeuge einer Menge Schwefelfäden und einem gläsernen Stäbchen, das halb bloß, halb mit Siegellack überzogen ist und zur Untersuchung der Art der Elektricität dient, eingeschlossen werden kann.“

Luftpumpe heißt eines der interessantesten physikalischen Instrumente, welches dazu dient innerhalb eines vor dem Zutritt neuer Luft abgeschlossenen Gefäßes die Luft zu verdünnen, indem ähnlich wie bei der gewöhnlichen Wasserpumpe, so hier Luft ausgepumpt wird. Man unterscheidet namentlich 2 Hauptarten der Luftpumpen, nämlich die Hahnluftpumpen und die Ventilluftpumpen.

Die Haupttheile der Hahnluftpumpe, welche in einfachster Form Fig. 197. im Durchschnitte dargestellt ist, sind folgende: 1) Ein inwendig gleichmäßig glattpolirter Cylinder von Metall oder Glas (bd), welcher der Stiefel genannt wird. 2) Ein in diesen Cylinder genau passender Kolben (m), welcher entweder aus Metall verfertigt und der genaueren Schließung wegen mit in Oel getränktem Leder umwickelt ist, oder aus zusammengepreßten, auf der Drehbank genau abgerundeten, in Oel getränkten Lederscheiben besteht. Der Kolben sitzt an einer Kolbenstange, welche entweder oben einen Griff hat, mittelst dessen der Kolben im Cylinder hinabgestoßen und heraufgezogen werden kann, oder die oben gezahnt ist. In die Zähne der Stange greifen dann die Zähne eines Rades, und so wie dieses rechts oder links herum gedreht wird, geht der Kolben hinab oder herauf. 3) Ein metallener sehr ebener Teller (tt) in dessen Mitte sich eine kleine Oeffnung befindet. 4) Eine Röhre (f) Verbindungsröhre, (lat.) Communicationsröhre, welche Teller und Cylinder verbindet, indem sie eine Oeffnung im Boden des Stiefels mit der genannten Oeffnung im Teller in Verbindung setzt. 5) Ein Gefäß, (lat.) Recipient, gewöhnlich eine starke Glasglocke (r), lat. Campane, mit sehr eben abgeschliffenem Rande, welches auf den Teller gesetzt werden kann. 6) Ein doppelt durchbohrter Hahn (h), welcher quer durch die Verbindungsröhre geht und dazu dient, bei einer gewissen Stellung Cylinder und Glocke, bei einer andern Cylinder und atmosphärische Luft, bei einer dritten endlich Glocke und atmosphärische Luft in Verbindung zu setzen. Ein solcher Hahn wird nach seinem Erfinder ein Senguerd'scher genannt. Die eine Durchbohrung geht senkrecht auf seine Axe durch ihn

hindurch und ist in den Fig. 198. und 199. durchschnittlich gezeichneten Hähnen durch m angedeutet. Die zweite Durchbohrung geht von einer Seitenöffnung (r der Hähne Fig. 198. und 199.) nach dem hinteren Theile des Hahnes (Fig. 198.), oder nach dessen Vordertheile (Fig. 199.) Keine Durchbohrung darf mit der andern zusammentreffen. Die verschiedenen Stellungen des Hahnes sind durch Fig. 200., 201., 202. versinnlicht. Es bezeichne nämlich A den Hahn, welcher ein abgestumpfter Kegel oben mit einem Handgriffe ist und a b das ebenfalls kegelförmig durchbohrte Stück der Verbindungsröhre, in welchem der Hahn sitzt; a sei die innere Bohrung der Verbindungsröhre, welche nach dem Innern des Cylinders führt, b die innere Bohrung der Verbindungsröhre, welche unter den Recipienten durch den Teller geht; so stehen bei der in Fig. 200. abgebildeten Stellung offenbar Recipient und Cylinder in Verbindung durch die offene Röhre a b, während die äußere Luft abgeschlossen ist. Bei der durch eine Viertelsdrehung des Hahns hervorgebrachten Stellung Fig. 201. steht die äußere Luft mit dem Innern des Cylinders durch den Kanal c a in Verbindung, während die Luft unter der Glocke offenbar abgeschlossen ist. Bei der Stellung des Hahnes Fig. 202. endlich steht die äußere Luft mit der Luft unter der Glocke in ungehinderter Verbindung durch den Kanal c b, während die nach dem Innern des Cylinders führende Mündung a verschlossen ist.

Die Anwendung der eben beschriebenen Luftpumpe ist nun folgende. Es befinde sich der Kolben auf dem Boden des Cylinders, der Hahn stehe so, daß die Verbindung zwischen Recipient und Cylinder hergestellt ist. Wird jetzt der Kolben im Cylinder heraufgezogen, so würde unter ihm ein luftleerer Raum entstehen, aber gemäß der Expansivkraft der Luft, dehnt sich die Luft im Recipienten und in der Verbindungsröhre aus, geht unter den Kolben und erfüllt, natürlich mit geringerer Dichte als vorher, Recipient, Verbindungsröhre und Cylinder. Ist der Kolben an der oberen Mündung des Cylinders angelangt, so werde der Hahn so umgekehrt, daß die Verbindung zwischen dem Innern des Cylinders und der Atmosphäre hergestellt, die Luft im Recipienten dagegen abgeschlossen ist. Hierauf stoße man den Kolben im Cylinder herab, die Luft aus dem Cylinder entweicht durch den Kanal des Hahnes. Der Hahn werde jetzt wieder gestellt wie zuerst, nämlich so, daß er eine Verbindung zwischen Recipient und Cylinder herstellt, der Kolben werde wieder emporgezogen, so dehnt sich aufs neue die Luft im Recipienten aus und erfüllt mit noch geringerer Dichte Recipient, Verbindungsröhre und Cylinder. So oft nun das eben beschriebene Verfahren wiederholt wird, findet eine Verdünnung der Luft im Recipienten statt, indem fortwährend dieselbe erst zur Ausbreitung in einem größeren Raume bestimmt und nachher zum Theil ausgetrieben wird. Nach jedem Kolbengange füllt eine geringere Quantität Luft das sich gleichbleibende Volumen des Recipienten aus. Man sieht aber auch, daß durch die Thätigkeit der Luftpumpe ein wirklich l u f t l e e r e r Raum unter dem Recipienten niemals erzeugt werden kann, man mag die angegebene Manipulation auch noch so oft wiederholen. Bei den meisten Hahn-

luftpumpen ist aber auch der Luftverdünnung eine Grenze gesetzt, über welche hinaus alle Thätigkeit des Kolbens und des Hahnes keine weitere Verdünnung mehr zu erzeugen vermag. Es ist nämlich klar, daß das Stück der Verbindungsröhre oberhalb des Hahnes bis zum Boden des Cylinders jedesmal bei der Stellung des Hahnes wo das Innere des Cylinders mit der Atmosphäre in Verbindung tritt, mit Luft von der Dichte der Atmosphäre erfüllt wird und daß diese Quantität Luft nicht beim Niedergange des Kolbens ausgetrieben wird. Wendet man nun den Hahn so, daß der Kanal zwischen Recipient und Cylinder hergestellt wird, so breitet sich augenblicklich die Luft, welche in jenem angegebenen Raume zurückgeblieben, aus und erfüllt den Recipienten. Da jener Raum der Wirksamkeit der Luftpumpe, je größer er ist, offenbar nachtheilig entgegen wirkt, so wird er der schädliche Raum genannt. Er wird desto unbedeutender, in je geringerer Entfernung vom Boden des Stiefels der Hahn angebracht ist, und nach Muncke kann man ihn ganz vermeiden, wenn man den kleinen Kanal welcher vom Boden des Cylinders nach dem Hahne führt kegelförmig macht und auf dem Kolben unten eine entsprechende kegelförmige Erhöhung anbringt, wie Fig. 203. dieß veranschaulicht. Dann dringt der Kolben beim Herabgehen in den nun nicht mehr schädlichen Raum ein und vertreibt die Luft aus demselben.

Das Auspumpen der Luft aus einem Recipienten mit Hilfe einer Luftpumpe wird Exantliren (v. d. griech. ἐξαντλέω ausleeren) oder evacuiren (v. d. lat. evacuare, ausleeren) genannt.

Will man nach Beendigung der im luftverdünnten Raume angestellten Versuche wieder Luft unter den Recipienten lassen, so gibt man dem Hahne diejenige Stellung bei welcher das Innere des Recipienten mit der Atmosphäre in Verbindung tritt. Alsbald bläst durch den Kanal Luft aus der Atmosphäre in das Innere des Recipienten, bis die Luft in ihm wieder von derselben Dichte wie die atmosphärische Luft ist.

Eine der vortheilhaftesten Einrichtungen ist die einer Hahnluftpumpe mit einfach durchbohrtem Hahne, bei welcher die zweite Bohrung durch eine Oeffnung im Cylinder ersetzt ist. Fig. 204. stellt eine derartige Luftpumpe vor. A ist der Recipient, JB der Teller, CD die Communicationsröhre, DE der Stiefel, in welchem sich an der gezahnten Kolbenstange G der Kolben befindet. In die Zähne der Kolbenstange greift ein gezahntes Rad, durch welches der Kolben hinauf getrieben und herunter gezogen wird. Der Hahn C ist einfach, senkrecht auf seine Axe durchbohrt, und schließt folglich entweder die Luft im Recipienten ab, oder stellt einen Cylinder und Recipienten verbindenden Kanal her. Unmittelbar unter diesem Hahne befindet sich seitwärts im Cylinder bei D ein kleines rundes Loch, welches mit einem genau schließenden metallenen Stifte verschlossen werden kann. Die Einrichtung ist so getroffen, daß der Kolben in seiner höchsten Stellung sich unmittelbar an den Hahn C anlegt. Er befinde sich in dieser Stellung, der Kanal durch den Hahn sei hergestellt, die Oeffnung D durch den Stift geschlossen, der Kolben werde herab geführt, so dehnt

sich die Luft unter dem Recipienten aus und erfüllt Recipient, Verbindungsröhre und Cylinder. Jetzt schließt man den Hahn und zieht den Stift aus der Oeffnung D, führt den Kolben nach oben, so wird die Luft aus dem Cylinder durch D ausgetrieben, der Kolben schließt wieder fest an den Hahn C. Der Stift kann wieder in D eingesteckt, der Hahn C geöffnet, der Kolben herabgeführt, die Luftverdünnung erhöht werden u. s. f. Wie man sieht ist bei dieser Luftpumpe der schädliche Raum vermieden. Man übersieht leicht, daß mit der Kolbenstange eine Steuerung so angebracht werden kann, daß die Maschine selbst den Hahn öffnet und schließt.

Eine Ventilluftpumpe ist Fig. 205. abgebildet. Die Ventile deren man sich bei den Luftpumpen bedient, sind Blasen= (oder Wachstaffent=) Ventile. Ueber die Oeffnung des Ventils ist ein Streifen Blase gespannt, dessen beide Enden seitwärts befestigt sind. Drückt die Luft von oben gegen die Blase, so wird diese nur um so fester in die Oeffnung gedrückt und läßt daher in diese keine Luft eintreten, drückt im Gegentheil die Luft von der unteren Seite gegen die Blase, so gibt diese nach und läßt die Luft durch die Ventilöffnung austreten. In Fig. 205. sind die Ventile nur um sie besser sehen zu können als Klappenventile gezeichnet. Diese Luftpumpe hat (und dieses ist bei den meisten neueren Luftpumpen der Fall) zwei Stiefel M und N, deren Kolben gezahnte Stangen haben. Die Zähne der beiden Kolbenstangen sind gegen einander gekehrt und zwischen beiden befindet sich ein gezahntes Rad, dessen Zähne in die Zähne beider Stangen greifen. Dreht man das Rad rechts um, so stößt es zugleich den einen Kolben in M herunter und zieht den in N herauf, dreht man es darauf links um, so zieht es den Kolben in M herauf und stößt den in N herunter. Auf diese Weise bringt man in derselben Zeit doppelte Wirkung hervor. Die Kolben sind von Metall, mit Leder umwunden (geliedert) und haben (bei a und b) Ventile. Desgleichen sind Ventile in der Verbindungsröhre (c und d) angebracht, welche den Cylinder von dem Recipienten trennen. CD ist der Teller, auf welchem der Recipient steht. Verfolgen wir jetzt den Gang der Maschine, nur in Bezug auf den einen Stiefel M, denn an dem anderen wiederholt sich dasselbe, was an diesem geschieht. Der Kolben stehe auf dem Boden des Cylinders und gehe in die Höhe, so würde unter ihm ein luftleerer Raum entstehen, wenn nicht vermöge ihrer Spannkraft die Luft unter dem Recipienten durch das Ventil c in den Cylinder M sich ausbreitete. Jetzt sei der Kolben oben angekommen und gehe nun herab, so drückt er gegen die Luft im Cylinder, preßt dadurch das Ventil c zu und die Luft muß ihren Ausweg durch das Ventil im Kolben a nehmen. Man übersieht nun die Wirksamkeit der Maschine, zugleich ihren Vorzug und ihren Nachtheil. Jener ist, daß man aller Mühe und Aufmerksamkeit in Bezug auf die Drehung eines Hahnes oder der abwechselnden Schließung und Oeffnung einer Oeffnung im Cylinder überhoben ist; der Nachtheil, daß die Luft in dem Recipienten nur so lange durch das Ventil c (und so in Bezug auf den anderen Stiefel durch das Ventil d) in den Cylinder tritt, als ihre Spannkraft noch hinreicht, den Wi-

derstand des Ventils zu besiegen. Da aber die Spannkraft der Luft mit ihrer Dichte abnimmt, so folgt hieraus, daß die Verdünnung unter dem Recipienten nur bis zu einem durch das Ventil bestimmten Grade gehen kann. Ist dieser Grad erreicht, so tritt keine Luft mehr in den Cylinder, der Raum unter ihm bleibt luftleer, alle weitere Thätigkeit der Kolben ist erfolglos. Die Bodenventile müssen daher möchlichst leicht beweglich sein, damit jener Uebelstand nicht zu früh eintritt. Die Kolbenventile werden nicht leicht den Dienst versagen, weil durch den Druck die Luft comprimirt wird, bis sie hinreichende Spannkraft hat um das Ventil zu heben. Die Verbindungsröhre pflegt noch mit einem doppeltdurchborten Hahne versehen zu sein, um Abschlißung und Zulassung der Luft beliebig zu bewerkstelligen.

Der angegebene Uebelstand ist sehr gut bei einer anderen Luftpumpe vermieden, die Fig. 206. abgebildet ist. Durch den Kolben geht seitwärts eine Stange st, an welcher der Kolben sich auf und ab bewegen kann und sich hinlänglich reibt, um der Luft den Durchgang durch das Loch bei l nicht zu gestatten. Geht nun der Kolben hinab, so geht auch die Stange hinab. Sie hat an ihrem untern Ende einen kegelförmigen Stöpsel v, der genau in die unter ihm liegende Oeffnung o paßt, durch welche der Stiefel mit dem Recipienten Gemeinschaft hat. Dieser Stöpsel verschließt beim Herabgehen des Kolbens die Oeffnung o, und der Kolben bewegt sich an der Stange weiter bis zum Boden des Stiefels. Steigt nun der Kolben hinauf, so nimmt er die Stange durch Hilfe der Reibung mit, allein sie steigt nicht höher, als nöthig ist, um den Stöpsel nur etwas über die Oeffnung zu heben, denn ihr oberes Ende stößt an den oberen Boden des Cylinders, sie kann demnach nicht weiter und nur der Kolben steigt. Uebrigens hat der massive Kolben in k ein Ventil, das sich nach aufwärts öffnet, und in dem oberen Boden des Stiefels ist eine Oeffnung, durch die der sich hinauf bewegende Kolben die Luft hinauspreßt.

Die gewöhnlichen Recipienten bei Luftpumpen sind Glocken von starkem Glas, welche an den Rändern sehr eben geschliffen sein müssen, damit sie ringsum genau auf dem Teller der Luftpumpe, auf den sie aufgesetzt werden aufpassen. Dieser Teller ist am passendsten mit mattgeschliffenem Glase bedeckt. Damit die Schließung an diesem vollkommen luftdicht sei, werden die Ränder des aufzusetzenden Recipienten mit etwas Fett angestrichen. Bei minder genau abgeschliffenen Recipienten legt man eine (inwendig ausgeschnittene) in Oel oder Wasser getränkte Lederscheibe unter. Zu denjenigen Versuchen, bei welchen im luftverdünnten Raume Bewegungen hervorgebracht werden sollen, bedient man sich Glasgefäße, welche auch oben offen sind. Fig. 207. stellt einen solchen Recipienten vor. In der Mitte der Einfassung befindet sich eine sogenannte Stopfbüchse oder Lederbüchse, durch welche eine cylindrische Stange von Messing luftdicht hindurchgeht, welche sich heraufziehen, herunterschieben und drehen läßt. Die Lederbüchse ist ein mit ledernen, in Fett oder Oel getränkten, wohl zusammengepreßten Scheiben gefüllter Cylinder. Sämmtliche Scheiben sind in der

Mitte durchbohrt und durch diese Durchbohrung geht die Messingstange. Um noch sicherer allen etwaigen Luftzutritt zu vermeiden, pflegt man wohl auch über der Lederbüchse um die bewegliche Stange herum ein kleines Oelgefäß anzubringen.

Es fragt sich nun, in welchem Grade die Luftverdünnung in einem Recipienten stattfinde. Wir wollen annehmen, die Luftpumpe habe keinen schädlichen Raum, so wird die Luft in der Communicationsröhre zugleich mit in demselben Grade verdünnt, wie die Luft im Innern des Recipienten. Gesetzt der Rauminhalt des Recipienten und der Communicationsröhre sei $= a$, der Rauminhalt des Cylinders, weniger dem in ihm von dem Kolben eingenommenen Raume sei $= b$. Der Kolben befinde sich auf dem Boden des Cylinders, die Luft im Recipienten hat ursprünglich die Dichte der Atmosphäre, welchen Grad der Dichte wir $= 1$ annehmen. Im lufterfüllten Recipienten befindet sich also eine Quantität Luft $= a$ von der Dichte $= 1$. Jetzt erfolgt der erste Kolbenhub. Die Luft des Recipienten breitet sich durch den Cylinder aus, nimmt folglich jetzt einen Raum $a + b$ ein, in demselben Verhältniß, in welchem sie sich ausdehnt, vermindert sich ihre Dichte, und nennen wir ihre Dichte nach dem ersten Kolbenzuge x, so ist:

$$x : 1 = a : a + b \text{ d. h. } x = \frac{a}{a+b}$$

Durch das jetzt erfolgende Niedergehen des Kolbens wird die Dichte der Luft im Recipienten nicht verändert, diese bleibt $= \frac{a}{a+b}$. Auf dieselbe Weise haben wir nun für die Dichte der Luft nach dem **zweiten** Kolbenhube $= x$, die Proportion:

$$x : \frac{a}{a+b} = a : a + b \text{ d. h. } x = \frac{a^2}{(a+b)^2}$$

und für die Dichte der Luft nach dem **dritten** Kolbenhube $= x$, die Proportion:

$$x : \frac{a^2}{(a+b)^2} = a : a + b \text{ d. h. } x = \frac{a^3}{(a+b)^3}$$

und im Allgemeinen wird die Dichte der Luft nach dem $n$ten Kolbenhube, dieselbe $= x$ gesetzt sein:

$$x = \frac{a^n}{(a+b)^n}.$$

Wäre z. B. der Cubikinhalt des Recipienten sammt der Communicationsröhre $= 40$ Cub. Z. $= a$, der Inhalt des Cylinders dagegen $= 20$ Cub. Z. $= b$, so wäre die respective Dichte der Luft:

nach dem ersten Kolbenhube $= \frac{a}{a+b} = \frac{40}{40+20} = \frac{2}{3}$ der Dichte der atmosph. Luft,

" " zweiten " " " $= \frac{a^2}{(a+b)^2} = \frac{40^2}{(40+20)^2} = \left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{4}{9}$ " " "

" " dritten " " " $= \frac{a^3}{(a+b)^3} = \frac{40^3}{(40+20)^3} = \left(\frac{2}{3}\right)^3 = \frac{8}{27}$ " " "

und so weiter.

Kennt man also genau den Inhalt des Recipienten und des Cylinders, so hat man nur nöthig beim Experimentiren die Anzahl der gemachten Kolbenhübe zu zählen, so kann man stets berechnen, wie groß die Dichte der Luft im Innern gegen die Dichte der Atmosphäre sei. Vorausgesetzt ist hierbei, daß die Maschine deren man sich bedient, von absoluter Vollkommenheit sei. Da nun dieß letzte niemals der Fall ist, auch nicht immer der Rauminhalt eines angewendeten Recipienten bekannt ist, so hat man auf ein Mittel gesonnen, mit der Luftpumpe ein Instrument zu verbinden, welches in jedem Augenblicke anzeigt, bis zu welchem Grade die Luftverdünnung gediehen sei. Bevor ich aber dieses Instrument genauer beschreibe, will ich ein Experiment anführen, durch welches auf unwiderlegliche Weise dargethan wird, daß wirklich durch die Luftpumpe eine Luftverdünnung bewirkt wird.

Bekanntlich ist es der Druck der atmosphärischen Luft, welcher in einer Barometerröhre eine Quecksilbersäule von ungefähr 28 Zoll trägt. Daß dem so sei, ist im Art. Barometer dargethan. Auch wissen wir, daß die Dichte der Luft und dem gemäß auch der Druck derselben mit der Erhebung über die Oberfläche der Erde abnimmt. Eine Folge davon ist, daß, wenn wir z. B. Berge besteigen oder in einem Luftballon uns erheben, in den höheren Regionen das Barometer einen der verminderten Dichte und damit auch der Höhe entsprechenden niederern Stand, als an der Oberfläche des Meeres oder in tief liegenden Ebenen hat. *) Findet nun im Recipienten Luftverdünnung statt, so wird diese auf einen in dem Innern des Recipienten aufgestellten Barometer einen eben solchen Einfluß ausüben müssen, wie bei der Erhebung über die Meeresfläche; d. h. der Barometer im Recipienten wird gemäß dem Grade der Luftverdünnung sinken müssen. Und dem ist wirklich so. Man fülle eine etwas über 28 Z. lange oben zugeschmolzene Glasröhre mit Quecksilber, lege auf die Mündung den Zeigefinger, drehe die Röhre um und tauche die mit dem Finger geschlossene Mündung in ein Gefäß, welches zum Theil mit Quecksilber gefüllt ist. Das Quecksilber bleibt in einer Höhe von etwa 28 Z. über der Oberfläche des Quecksilbers im Gefäße in der Röhre stehen und man hat so ein Barometer. Jetzt stelle man das Gefäß mit der Röhre auf den Teller einer Luftpumpe und damit es nicht die Oeffnung im Teller verschließe, lege man um dieselbe drei ebene Klötzchen von Holz und setze das Gefäß auf diese. Hierauf stülpe man einen oben gewölbten Glascylinder von über 28 Z. Länge über die Röhre und das Gefäß, als Recipient, nachdem man seinen unteren ebenen Rand mit Fett bestrichen. Setzt man jetzt die Luftpumpe in Thätigkeit, so sinkt bei jedem Kolbenhube das Quecksilber in der Barometerröhre tiefer herab, und in kurzer Zeit wird es nicht höher in der Röhre als im Gefäße stehen. Da nämlich das Barometer, welches in der angegebenen Weise construirt wurde, nur sehr unvollkommen ist, indem es über dem Queck-

*) S. d. Art. Atmosphäre; Barometer; Höhenmessung, barometrische.

silber nicht einen völlig luftleeren Raum hat (weil es nicht ausgekocht ist s. d. Art. Barometer), so drückt auf das Quecksilber in der Säule noch eine verdünnte in der Torricellischen Leere ausgebreitete Luft, mit der ihr eigenthümlichen Spannkraft. Wäre diese Luft nicht vorhanden, hätte man ein völlig vollkommnes Barometer in den Recipienten gebracht, so würde das Quecksilber in ihm zwar auch sinken, aber nur erst dann könnte es mit dem Niveau des Quecksilbers im Gefäße, oder wäre es ein Heberbarometer, mit dem Quecksilber im kürzeren Schenkel gleich hoch stehen, wenn gar kein Druck der Luft im Recipienten gegen das Quecksilber mehr stattfände, d. h. wenn die Luft aus dem Recipienten vollkommen ausgepumpt wäre. Da nun dieses aber nicht möglich ist, vielmehr immer noch wenn auch eine sehr verdünnte Luft mit einer sehr geringen Spannkraft im Recipienten sich befindet, so wird niemals das Quecksilber in beiden Schenkeln eines Heberbarometers vollkommen auf gleiches Niveau kommen können.

Das Instrument nun, welches ich oben erwähnte, als dienlich um den Grad der durch die Luftpumpe im Recipienten bewirkten Luftverdünnung an ihm zu beobachten, ist nichts weiter als ein Heberbarometer, welcher unter den Recipienten gebracht wird. Da nämlich die Höhe des Barometerstandes durchaus durch nichts weiter bestimmt wird, als durch den Luftdruck, so ist klar, daß jene Höhe auch genau der Stärke dieses Druckes und folglich dem Grade der Dichte der Luft entsprechend sein muß. Die Luft von der Dichte der Atmosphäre trägt eine Quecksilbersäule von 28 Z., die Luft, welche nur $\frac{1}{2}$ so dicht als die atmosphärische Luft an der Meeresoberfläche ist, wird nur eine Quecksilbersäule von 14 Z. zu tragen vermögen, und die Luft welche nur $\frac{1}{28}$ so dicht als die atmosphärische Luft an der Meeresoberfläche ist, wird sogar nur eine 1 Z. hohe Quecksilbersäule zu tragen im Stande sein. Da nun ein Barometer von über 28 Z. Länge stets einen noch höheren Recipienten verlangt, dieser aber in den wenigsten Fällen angewendet wird, indem offenbar nach dem Vorhergehenden die Luftverdünnung im Recipienten um so langsamer vor sich geht, je größer er im Verhältniß zum Stiefel der Luftpumpe ist, es auch für gewöhnlich gar nicht auf nur geringe Luftverdünnung ankommt, so pflegt man sich bei der Luftpumpe eines verkürzten Barometers zu bedienen. Ein solches ist in Fig. 208. abgebildet und wird wie das Verfahren mit ihm selbst eine Barometerprobe genannt. Dasselbe ist wie ein gutes Barometer aufs sorgfältigste bereitet, d. h. mit ausgekochtem Quecksilber gefüllt, und besteht in einer bei C offenen, bei A geschlossenen Glasröhre. Gesetzt das Ende A befinde sich 1 Zoll hoch über der Quecksilbersäule in dem kürzeren Schenkel, welche unter gewöhnlichem Luftdrucke bis a reichen soll, so ist klar, daß das Quecksilber im längeren Schenkel bis A reichen werde, also das Barometer keine Torricellische Leere haben werde, weil ja dieser Luftdruck sogar eine Quecksilbersäule von 28 Z. zu tragen vermag. Bei D zwischen beiden Schenkeln ist eine genau getheilte Scale angebracht, an welcher man den Stand des Quecksilbers in beiden Schenkeln ablesen kann und welche wenigstens bis auf Linien getheilt sein muß. Uebrigens ist das Barometer sammt der

Scale auf ein Täfelchen Holz oder besser Metall befestigt und auf einen Fuß gestellt. So kann es bequem unter jeden auf den Teller der Luftpumpe gesetzten Recipienten gebracht werden. Setzt man nun die Luftpumpe in Thätigkeit, so muß offenbar unter der gemachten Annahme daß A 1 Zoll hoch über a stehe, die Luft schon bis zu weniger als $\frac{1}{28}$ ihrer gewöhnlichen Dichte gebracht sein, ehe im Stande der Barometerprobe eine Veränderung vor sich geht. Ist aber dieser Grad der Verdünnung überschritten, so sinkt das Quecksilber im längeren Schenkel, während es sich zugleich im kürzeren erhebt, und wäre es möglich, daß alle Luft aus dem Recipienten entfernt würde, so müßte endlich in beiden Schenkeln das Quecksilber gleich hoch stehen. So weit aber bringt man es nie. Bei vielen mit der Luftpumpe anzustellenden Versuchen genügt eine Luftverdünnung, bei welcher die Differenz der Quecksilbersäulen in beiden Schenkeln der Barometerprobe etwa $\frac{1}{2}$ Zoll beträgt, bei einigen jedoch darf diese Differenz nur etwa 1 Linie noch betragen. (S. d. Folg.) Mit einer guten Luftpumpe läßt sich dieser Grad der Verdünnung wohl erreichen. Die Barometerprobe ist aber ferner auch noch ein sehr gutes Mittel, um zu sehen, ob alle Theile einer Luftpumpe, wie sie sollen, völlig luftdicht schließen. Ist dieses nämlich nicht der Fall, tritt durch irgend welche feine Oeffnungen Luft in den Recipienten, so zeigt dieses die Barometerprobe augenblicklich an, indem sie sich sofort wieder erhebt. Bei einer guten Luftpumpe muß also nicht allein die Barometerprobe bis auf einen sehr niedrigen Stand gebracht werden können, sondern muß auf demselben auch längere Zeit verharren. Da man zuweilen Versuche mit undurchsichtigen Recipienten anstellt, unter denen man die Barometerprobe nicht beobachten kann, oder auch zuweilen unter gläsernen Recipienten dieselbe sich nicht leicht anbringen läßt, so pflegt man auf die Verbindungsröhre noch einen eigenen kleinen Teller mit einer kleinen Glocke und darunter gestellter Barometerprobe anzubringen. Dieser kleine Recipient wird dann mit dem großen zugleich exantlirt, und da beide Recipienten durch die Communicationsröhre in Verbindung stehen, so ist die Luft in beiden durchaus von derselben Dichte.

Eine andere Art der Barometerprobe ist an der Luftpumpe in Fig. 204. angebracht. ST ist nämlich ein etwas über 28 Z. langes Glasrohr, welches an beiden Enden offen ist, bei T durch den Teller der Pumpe unter den Recipienten der Luftpumpe und bei S in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß reicht. Bevor exantlirt wird steht das Quecksilber in der Röhre auf demselben Niveau wie in dem Gefäße, weil die Luft mit derselben Kraft auf das Quecksilber in der offenen Röhre vom Recipienten aus drückt, wie auf das Quecksilber im Gefäß. Wird aber exantlirt, so vermindert sich der Druck der Luft auf das Quecksilber in der Röhre während der Druck auf das Quecksilber im Gefäße derselbe bleibt. Die Folge ist, daß sich das Quecksilber in der Röhre gemäß dem Grade der Luftverdünnung erhebt. Wäre es möglich den Recipienten ganz zu entleeren, so würde sich die Quecksilbersäule in der Röhre bis zu 28 Z. über das Niveau des Quecksilbers im Gefäß erheben, man hätte ein vollkommenes Barometer, dessen Torricellische

Leere im Recipienten wäre. Bei diesem Instrumente mißt man eigentlich den Ueberschuß des Druckes und der Dichte der atmosphärischen Luft über Druck und Dichte der Luft unter dem Recipienten. Im Art. Dampf ist schon gesagt worden, daß sich die tropfbaren Flüssigkeiten desto leichter in Dampf verwandeln, je geringer der Luftdruck ist, unter welchem sie stehen. Es sollen auch noch in diesem Artikel Beweise hierfür angegeben werden. Befinden sich unter dem Recipienten Wassertheilchen, so werden sich diese beim Exantliren in Dampf verwandeln, und da dieser auch wie die Luft eine expansible Flüssigkeit ist, so wird er zugleich mit der noch im Recipienten enthaltenen Luft auf die Barometerprobe wirken. Diese zeigt daher überhaupt die Spannkraft an, welche das Gemisch expansibler Flüssigkeit unter dem Recipienten hat, nicht also genau allein die Luftverdünnung. Um nun diese allein kennen zu lernen, ohne zugleich die Wirkung des bei der Exantlirung sich bildenden Dampfes mit zu beobachten, dient ein von Smeaton angegebenes Instrument die Birnprobe.

Fig. 209. stellt eine Birnprobe vor. Die unter der Campane a befindliche cylindrische etwa 6 Z. lange, 0,2 Lin. weite und oben verschlossene Glasröhre s r erweitert sich unten in den birnförmigen Bauch r. Sie ist nach ihrem Inhalte von unten an, den Raum in der Birn mitgerechnet, so getheilt, daß die mit Diamant eingeschnittenen Zahlen 2000, 1000, 750, 500 . . . 25 den aliquoten Theil des Ganzen von oben an gerechnet, angeben, also den 2000sten, den 1000sten u. s. w. Unter der freien Oeffnung der Birne steht ein Gefäß g mit Quecksilber. Beim Exantliren muß die Verdünnung in der Birnprobe genau so, als unter der Campane sein, und drückt man daher die Oeffnung derselben vermittelst des Drahtes l in das Quecksilber, läßt dann die äußere Luft zutreten, so wird diese den Grad der Verdünnung durch die Höhe zeigen, bis zu welcher das Quecksilber in der Röhre der Birnprobe hinaufgedrückt wird. Die Luft in der Birnprobe ist aber etwas dünner als die äußere Luft, weil diese auch noch die Quecksilbersäule q r in der Birnprobe zu tragen hat. Um aber eine Correction dieser Größe zu ersparen, hebt man die Birnprobe vermittelst des Drahtes l wieder aus dem Quecksilber, worauf dasselbe aus dem weiteren birnförmigen Raume ausläuft, in der engen Röhre aber hängen bleibt. Nimmt man sie dann unter der Campane weg und hält sie horizontal, so gibt die Größe des oberen, vom Quecksilber nicht erfüllten Theiles durch die aufgezeichnete Zahl den Grad der Verdünnung an. Mittelst der Birnprobe will Little unter dem Recipienten seiner Luftpumpe eine 27000 fache Verdünnung der Luft beobachtet haben.

Die Hahnluftpumpen können nicht allein als Verdünnungs- sondern auch als Verdichtungspumpen angewendet werden. Soll in einem Recipienten die Luft verdichtet werden, so muß er hierzu eine hinreichende Stärke haben, damit er nicht durch den starken Druck von Innen zerrissen werde. Auch wird es natürlich nicht hinreichen ihn auf den Teller nur aufzusetzen, wie wenn die Luft in ihm verdünnt werden soll; er würde bei der Verdichtung herabgeworfen werden. Ent-

weder man bedient sich eines metallenen Gefäßes welches nach Wegnahme des Tellers auf die Communicationsröhre luftdicht aufgeschraubt wird, oder starker Glascylinder, denen man nach van Marum folgende Einrichtung geben kann. ab (Fig. 210.) ist ein beiderseits offener Cylinder von Glas der auf dem Teller der Luftpumpe steht und oben mit einem luftdicht aufpassenden Deckel von Messing c bedeckt ist; d, e f sind zweimal umgebogene eiserne Arme, welche oben bei g über dem konischen Hute mit einander verbunden sind. Bei g geht eine starke Schraube durch das Verbindungsstück der drei Klammern, und wie diese angezogen wird, preßt sich der Deckel fest auf den Cylinder und dieser fest auf den Teller der Luftpumpe. Jetzt befinde sich der Kolben oberhalb des Stiefels und dieser sei mit atmosphärischer Luft gefüllt, so wie der Recipient. Nennen wir die Quantität Luft von gewöhnlicher Dichte im Recipienten = a, die Quantität Luft von gewöhnlicher Dichte im Stiefel = b. Wird jetzt durch den Hahn die Verbindung zwischen Recipient und Stiefel hergestellt, die Atmosphäre abgeschlossen und der Kolben im Stiefel herabgetrieben, so wird alle Luft aus dem Stiefel in den Recipienten gepreßt, so daß dieser nach dem ersten Kolbengange a + b Luft enthält, oder es verhält sich, die Dichte der Atmosphäre = 1, die Dichte nach dem ersten Kolbengange = x gesetzt

$$x : 1 = a + b \; : \; a \text{ d. h. } x = \frac{a + b}{a}.$$

Schließt man nun die Luft im Recipienten ab, verbindet Atmosphäre und Stiefel und zieht den Kolben in die Höhe, so füllt sich der Stiefel wieder mit einer Quantität Luft von der Dichte = 1. Nun wiederholt man das Verfahren von vorhin, so kommt eine neue Quantität Luft = b zur schon im Cylinder enthaltenen und es ist jetzt

$$x : \frac{a + b}{a} = a + 2b : a + b \text{ d. h. } x = \frac{a + 2b}{a}.$$

Nach n Kolbenstößen wird auf diese Weise die Dichte der im Recipienten enthaltenen Luft $\frac{a + nb}{a}$ mal so dicht als die Atmosphäre sein.

Zur directen Beobachtung der Luftverdichtung kann man sich einer der oben für verdünnte Luft angegebenen ähnlichen Barometerprobe bedienen. Es sei (Fig. 211.) GH das mit verdichteter Luft gefüllte Gefäß, und daran eine hinreichend starke, bei A geschlossene, bei C mit dem Innern des Gefäßes in Verbindung stehende Glasröhre angebracht. Wenn sich bei AD in der geschlossenen Röhre Luft von der natürlichen Dichte befindet, so steht beim Anfange des Versuches das Quecksilber in D und E gleich hoch; sobald aber bei E verdichtete Luft auf die Oberfläche des Quecksilbers drückt, wird die Luft AD in einen engern Raum zusammengepreßt, und ihre Verdichtung wird, bei gehöriger Rücksicht auf die von der Luft im Recipienten zugleich noch getragene Quecksilbersäule, den Grad der Verdichtung der im Recipienten enthaltenen Luft angeben. Wenn man nach vollendetem Versuche die Luft aus dem Recipienten heraus läßt, so muß man Sorge tragen, daß dieses nicht zu plötzlich ge-

schehe, damit das Quecksilber aus der Röhre nicht zu heftig gegen C hin hervordränge.

Eine gewöhnliche Ventilluftpumpe läßt sich zu Verdichtung der Luft nicht brauchen, indem offenbar die Bodenventile die Luft aus dem Stiefel nicht in die Communicationsröhre und durch diese in den Recipienten gelangen lassen, da sie durch das Herabgehen des Kolben nur desto fester zugedrückt werden. Auch kann der Kolben nicht zum Zusammenpressen der Luft gebraucht werden, da er die Luft unter ihm mittelst des Kolbenventils durch sich hindurch läßt. Eine Ventilluftpumpe zum Condensiren der Luft müßte eine umgekehrte Anordnung der Ventile haben, nämlich das Bodenventil müßte sich nach dem Recipienten zu öffnen, das Kolbenventil entweder ganz wegfallen und die Luft durch eine Seitenöffnung in den Stiefel gelassen werden *), oder sich nach Innen öffnen.

Ehe ich noch die Beschreibung einzelner besonders vorzüglicher Luftpumpen mit den Namen ihrer Erfinder mittheile, so wie die wichtigsten und interessantesten der mit der Luftpumpe anzustellenden Versuche, halte ich es für nöthig Baumgartners vortreffliche Anweisungen zu Herstellung und Prüfung einer Luftpumpe wiederzugeben.

Der Stiefel wird gewöhnlich aus Metall, seltener aus Glas gemacht. Metallene Stiefel bestehen aus Messing, minder gut und auch nur bei den ältesten Pumpen aus Eisen. Sie werden gegossen und dann ausgedreht und ausgeschliffen; man kann aber auch aus sehr dicht gezogenen etwa 2 L. dicken Messingröhren brauchbare Pumpenstiefel erhalten. Metallene Stiefel sind in der Regel minder kostspielig als gläserne, besonders weil sie viel leichter zu bearbeiten sind, dafür stehen sie aber auch ersteren bei weitem nach. Bei gläsernen Stiefeln ist man der Continuität der Masse gewiß, wenigstens sieht man jede Stelle, wo sich etwa eine Blase befindet und beim Ausschleifen eine die Cylinderform störende Erweiterung eintreten kann, ja selbst, wenn man bereits den Kolben eingesetzt hat, so erkennt man leicht, ob sich zwischen ihm und dem Stiefel Luft durchzuziehen vermag oder nicht; denn das kleinste da befindliche Luftbläschen zeigt sich von außen als glänzender Streifen, der gegen die übrige Farbe des meist dunkeln Kolbens stark absticht. Bei metallenen Stiefeln kann man nur aus der bereits hervorgebrachten Wirkung auf ihre Güte schließen, und muß oft, wenn diese gering ausfällt, mühsame Untersuchungen anstellen, um das eigentliche Gebrechen des Stiefels aufzufinden. Sie haben häufig Gußlöcher, die, wenn sie auch vom Künstler, wie es oft geschieht, mit Zinn ausgegoßen werden, nie unterlassen, wenigstens mit der Zeit einen schädlichen Einfluß auszuüben. Besonders hat man von jenen Metallstiefeln viel zu besorgen, welche gleich ursprünglich mit ihrer gehörigen Höhe und beinahe mit vollem innern Durchmesser gegossen werden. Das gegossene Metall ist nämlich stets nur in der Mitte seiner Höhe

*) Auf diese Weise sind die eigentlich sogenannten Compressionspumpen eingerichtet, s. d. Art. Compressionsmaschinen.

völlig gleichartig und gleich dicht, oben und unten weicht es aber vom Mittelstücke ab, besonders wenn die Form vor dem Guß nicht sehr gut ausgewärmt wurde. Dieses hat zur Folge, daß sich ein solcher Stiefel oben und unten anders ausschleift als in der Mitte und daher sehr bald unbrauchbar wird, wenn er auch im neuen Zustande eine gute Wirkung hervorbrachte. Darum soll ein Stiefel stets mit doppelter oder gar dreifacher Höhe und mit geringer Hohlung gegoßen, vom Guße aber das Mittelstück zur Benutzung herausgeschnitten werden. Sowohl metallene als gläserne Stiefel werden ganz offen aus Röhren verfertigt und hierauf an das eigens zubereitete mit einer männlichen Schraube versehene Bodenstück angeschraubt. Daß diese Schraube wenigstens 6 tiefe Gewinde haben müsse und mit dem flachen Rande nicht blos aufgeschliffen sein dürfe, ist leicht einzusehen. Man legt stets zwischen beide Flächen, die an einander gepreßt werden sollen, einen Ring aus Leder, (Schafleder) den man vorläufig in warmen Oel und Talg getränkt hat. Die obere Mündung des Stiefels wird meistens bis auf eine kleine Oeffnung durch die Fassung verschlossen, welche das zur Bewegung der Kolbenstange nöthige Rad und das Getriebe enthält. Sollte dieses nicht der Fall seyn, so muß ein besonderer Deckel den Schluß des Stiefels bewirken, um sein Inneres gegen Staub und zu starkes Austrocknen des Oels zu schützen. — Der Kolben wird meistens aus Leder, seltener aus Metall verfertigt. Im letzteren Falle wählt man stets ein Metall, das gegen den Stiefel wenigstens einigermaßen heterogen ist, wie z. B. bei Stiefeln aus gelbem Messing einen Kolben aus rothem Messing, setzt den Kolben aus mehren Lagen einzelner Segmente zusammen, so, daß die Fuge zweier Segmente durch ein darauf liegendes stets gedeckt wird. Man überzieht ihn gerne mit einem Ledersack (Manschette) und bewirkt den vollen Schluß, falls er sich ausgeschliffen haben sollte, durch Unterlegung von feinem Papier. Lederne Kolben werden aus Scheiben von Juften, deren man 10 — 20 über einander legt, nachdem sie mit Oel und Talg getränkt worden sind, zusammengesetzt. Diese Scheiben werden zwischen zwei Metallplatten, deren eine mit einer Schraubenspindel, die andere mit einer Schraubenmutter versehen ist, stark zusammengepreßt. Man thut gut, wenn man die Spindel, welche die beiden Platten mit einander verbindet, aus zwei abgestumpften Kegeln bestehen läßt, wie Fig. 212. zeigt. Geht der Kolben zu leicht, so braucht man nur die zwei Platten einander zu nähern und es werden die Lederscheiben mehr auswärts gedrückt werden. Besondere Aufmerksamkeit fordert die Form der Bodenplatte des Kolbens, weil von derselben die Größe des schädlichen Raumes der Hahnluftpumpen abhängt. Einige rathen diese Platte nach unten convex oder kegelförmig zu machen und dem Boden des Stiefels die entsprechende Vertiefung zu geben und glauben dadurch mit Recht das Anschließen des Kolbens an den Hahn zu befördern, ohne die zwischen dem Hahn und dem Kolben befindliche Metallstärke zu sehr zu schwächen. Allein dieser Vortheil wird durch einen Nachtheil bei weitem überwogen, welcher daraus hervorgeht, daß alles Oel, das so oft abgeriebene Kolbentheile enthält, in die Vertiefung dieser Bodenhöhle zusammenläuft und gar

leicht den Hahn ritzt. Darum möchte den Künstlern eher zu empfehlen sein, die untere Kolbenplatte zwar convex und den Boden des Stiefels concav zu machen, aber an die Oeffnung des Stiefelbodens eine kleine Erhöhung, die gleichsam einen Wall um diese Oeffnung bildet, und eben so am convexen Kolbenstück eine dieser Erhöhung entsprechende Vertiefung anzubringen. — Mit besonderer Aufmerksamkeit müssen der Hahn oder die Ventile verfertigt werden. Nie soll der Hahn aus demselben Materiale bestehen, aus welchem die Basis des Stiefels besteht, man darf auch seinen Durchmesser nicht zu sehr verkleinern, damit seine Bohrungen durch eine ziemlich dicke Metallwand von einander getrennt sind, und kleine Ritze, die gar so oft an seiner Oberfläche entstehen, nicht so leicht von einem Loch zum anderen reichen. — Ventile werden aus geöltem Seidenzeug verfertigt und möglichst leicht gemacht, damit sie durch eine sehr geringe Kraft gehoben werden können. — Bei der Einrichtung der Verbindungsstücke zwischen dem Stiefel und dem Teller hat man vorzüglich auf gehörige Stärke des Materiales zu sehen. Viele Künstler glauben, weil eine kleine Bohrung für solche Röhren hinreicht, so dürfen auch ihre Wände nur schwach sein und wählen dazu gar Gußstücke von mäßiger Dicke; diese haben aber meistens Gußlöcher, durch welche die Luft eindringt. Es ist rathsam stets geschlagenes Metall zu diesen Stücken zu nehmen, die Wände wenigstens 3 L. dick zu lassen und sie nur im äußersten Falle aus mehren Theilen zusammenzuschrauben. Immer müssen an mehren Stellen Hähne angebracht sein, damit man den Recipienten und die Barometerprobe von dem Stiefel ganz absperren kann. Diese Hähne sollen sehr fest angezogen sein und müssen, um sie ohne gar zu große Schwierigkeit drehen zu können, ungewöhnlich lange Lappen bekommen. Daß der Teller mit einer plangeschliffenen Glasplatte gedeckt sein muß, und daß man nur Recipienten mit abgeschliffenem Rande und mit wenigstens $1\frac{1}{2}$ L. dicken Wänden brauchen darf, wenn man ohne Lederunterlage eine starke anhaltende Verdünnung der Luft erzielen will, ist für sich klar.

Bei der Prüfung einer Luftpumpe hat man nebst der Einfachheit des Baues und der Festigkeit derselben vorzüglich auf die Stärke der Verdünnung und auf die Zeit, durch welche sie sich erhalten läßt, zu sehen. Von einer guten Luftpumpe fordert man, daß das Quecksilber der Barometerprobe auf $\frac{1}{2}$ L. herabgebracht und so wenigstens 24 Stunden lang erhalten werden kann. Läßt sich die Quecksilbersäule nicht so weit herabbringen, so ist entweder der schädliche Raum zu groß, oder es hat schon während des Verdünnens ein Luftzutritt in den Recipienten stattgefunden. Ob ersteres oder letzteres der Fall sei, oder ob gar beide Ursachen zusammenwirken, ersieht man am besten daraus, ob das Quecksilber nach vollendeter Arbeit stehen bleibt oder nicht. Bemerkt man kein schnelles Steigen der Quecksilbersäule, so liegt der Grund der geringen Leistung der Luftpumpe ohne Zweifel in der Größe des schädlichen Raumes. Hat man sich die Ueberzeugung verschafft, daß die Theile der Pumpe nicht luftdicht genug schließen, so ist noch zu entscheiden, wo der Fehler liege. Dieser Punkt macht den Künstlern

oft viel zu schaffen und läßt sich nur dadurch erörtern, daß man einen Theil nach dem andern vom Stiefel und der Barometerprobe absperrt und die Wirkung auf letztere wieder untersucht. Zuerst schließt man den Hahn, welcher die Barometerprobe mit dem Recipienten und dem Stiefel in Communication setzt, nachdem man die größtmögliche Verdünnung hervorgebracht hat und beobachtet den Stand der Quecksilbersäule von Zeit zu Zeit. Erhält er sich unverändert, so liegt am Schlusse dieses Theils der Luftpumpe kein Fehler, steigt er aber, so fehlt es entweder am Hahn oder an der Fassung oder gar an beiden. Durch stärkeres Anziehen der Fassungsschraube, durch besseres Verkitten, das vorläufig nur mit Wachs geschehen kann und abermaliges Versuchen erlangt man bald die Ueberzeugung, an welchen Theil der Alternative man sich halten müsse. Oft gibt schon der Anblick des Hahnes, an dem man feine Ritze von einer Oeffnung zur andern bemerkt, die nöthige Aufklärung. Hat man die Barometerprobe fehlerfrei gefunden, so wird der Recipient nach vollbrachter Luftverdünnung abgesperrt und wieder die Barometerprobe beobachtet. Hält sich letztere fest auf ihrem tiefsten Stand, so fehlt es am Rande des Recipienten oder an der Tellerplatte. Durch Unterlegen von Leder, durch Verwechslung des Recipienten mit einem anderen anerkannt besseren kommt man dem Fehler bald auf die Spur. Ist auch dieser Theil fehlerfrei befunden worden und doch ein Steigen der Barometerprobe bemerklich, so kann der Fehler nur am Stiefelkolben oder an der Communicationsröhre liegen. Man sperre nach möglichster Luftverdünnung den Stiefel von der Bodenröhre ab, entweder mittelst eines eigenen Hahnes oder durch geringes Drehen des Wechselhahnes und beobachte den Effect wieder, und man wird aus der nun sich ergebenden Erscheinung an der Barometerprobe leicht den Schluß ziehen können, ob es an der Communicationsröhre fehle oder nicht. Haben alle diese Proben gelehrt, daß der Fehler am Stiefel liege, so bleibt nichts übrig als die Pumpe in Wasser zu stellen, die Luft im Stiefel stark zu verdichten und genau nachzusehen, wo sich Luftblasen zeigen. Sind Verbindungsstellen verdächtig, so kann man sie auch dadurch prüfen, daß man sie mit einer dünnen Lage Oel überzieht, die Luft verdichtet und darauf achtet, ob sich daselbst Luftblasen zeigen oder nicht. Statt des Oeles kann man auch Seifenwasser nehmen. — Oft geschieht es, daß bei einer Pumpe bald nach der Luftverdünnung ein merkliches Steigen der Barometerprobe eintritt, das aber unterbleibt, wenn man durch ein paar Kolbenzüge die hinzugetretene Luft wieder entfernt. Daran sind poröse, in der verdünnten Luft befindliche Substanzen, z. B. Holz, Schuld, welche die in ihren Zwischenräumen enthaltene Luft sehr langsam fahren lassen und deren Gebrauch daher sorgfältig vermieden werden muß. — Wenn man unterhalb des Recipienten Wasser oder noch mehr, wenn man Schwefeläther oder eine andere flüchtige Substanz verdunsten ließ, so kann man oft mit der besten Pumpe nicht mehr die Verdünnung hervorbringen, welche sie sonst erlaubt. Allein dadurch darf man sich nicht beirren lassen, denn nach einiger Zeit kehrt die vorige Kraft der Pumpe wieder zurück, man kann aber diese Rückkehr dadurch beschleunigen, daß man unter den Re-

cipienten in die verdünnte Luft eine Substanz gibt, welche die Dünste, deren Wirkung so hinderlich ist, absorbirt.

Als Erfinder der Luftpumpe ist Otto von Guerike, Bürgermeister zu Magdeburg zur Zeit des dreißigjährigen Krieges, berühmt. Der Stiefel seiner Luftpumpe hatte ein Ventil und eine Oeffnung für einen Stöpsel, seine Lage war schief und die Gestalt gekrümmt. Der Recipient war eine Kugel mit einem Hahne. Die Kolbenstange hatte eine Handhabe, an welcher 2 Personen ziehen konnten. Mit seiner Luftpumpe stellte Otto von Guerike im J. 1654 auf dem Reichstage zu Regensburg ins Große gehende Versuche öffentlich vor Kaiser Ferdinand III. an, welche allgemeines Erstaunen erregten. Besonders auffallend war der Versuch mit den sogenannten Magdeburgischen Halbkugeln, von denen sogleich noch näher die Rede sein wird. Durch Caspar Schott lernte Robert Boyle*) die Luftpumpe kennen und dieser nebst Hook (beide Engländer) gaben derselben eine verbesserte Gestalt. Der Cylinder erhielt eine verticale Stellung, der Kolben eine gezahnte Stange, in welche ein Getriebe mit Kurbel griff. Papin bediente sich zuerst eines Tellers und eines Blasenventils. Berühmt wurde (1697) Senguerd's Luftpumpe, welche Fig. 213. abgebildet und noch jetzt vielfach in Gebrauch ist. Das originellste an ihr ist der oben beschriebene, nach seinem Erfinder benannte doppelt durchbohrte Hahn. Der Cylinder hat, wie die Figur zeigt, eine schiefe Lage, die Kolbenstange ist gezahnt und wird mittelst eines gezahnten Rades herauf und herunter getrieben, welches sich im Kasten J befindet, die 4 Arme L, M, N, O dienen als Hebel um das Rad leichter umzudrehen. H ist der doppelt durchbohrte Hahn, dessen nach Außen gehende Bohrung bei P mit einem Metallstöpsel verschlossen ist, der beim Gebrauch der Maschine herausgezogen wird. Hawksbee construirte zuerst die doppelte Luftpumpe, nämlich eine Luftpumpe mit zwei Stiefeln, in deren einem durch dasselbe Getriebe der Kolben aufwärts geht, während er sich im anderen herunter bewegt. Er bediente sich übrigens der Blasenventile. Nollet bediente sich bei seiner Luftpumpe eines doppelt durchbohrten Hahnes. Vor die nach Außen gehende Oeffnung desselben brachte er ein nur nach Außen sich öffnendes Blasenventil an, um die Bewegung des Kolbens zu erleichtern. Nachdem sich nämlich der innere Raum des Cylinders mit verdünnter Luft aus dem Recipienten gefüllt und der Hahn diejenige Stellung erhalten hat, in welcher der Stiefel mit der Atmosphäre in Verbindung steht, tritt, wenn kein Ventil angebracht ist, atmosphärische Luft unter den Kolben in den Cylinder, und diese Luft muß bei dem folgenden Niedergange des Kolbens aus dem Cylinder wieder herausgepreßt werden. Ist dagegen nach Nollet's Angabe ein nur nach Au-

---

*) Boyle wurde von den Engländern als Erfinder der Luftpumpe betrachtet, und nach ihm der luftverdünnte Raum, welcher durch die Luftpumpe hergestellt wird, die Boylische Leere genannt. Boyle selbst aber erkannte Guerike die Ehre der Erfindung zu.

ßen sich öffnendes Ventil über der Oeffnung des Hahnes angebracht, so bleibt das Innere des Cylinders nur mit verdünnter Luft gefüllt, und der Kolben wird fast schon allein durch den Druck der Atmosphäre gegen seine obere Seite zurückgetrieben, wobei dann das Ventil die verdünnte im Innern des Stiefels befindliche Luft entweichen läßt. Wenn man eine solche Luftpumpe zum Verdichten der Luft im Recipienten benutzen will, so muß, wie sich von selbst versteht, das Blasenventil abgenommen werden, weil es hierbei darauf ankommt, daß atmosphärische Luft in den Cylinder trete. Berühmt geworden ist die Smeatonsche Luftpumpe, von der ich daher eine ausführlichere Beschreibung mittheilen will: Die Fig. 214. stellt einen verticalen Schnitt durch die Axe des Cylinders ab und einer von dem Boden des Cylinders seitwärts horizontal fortlaufenden Röhre cd vor. Der Cylinder ab steht vertikal, in welchen der Kolben von oben hineingehet. Die Kolbenstange ist mehr denn doppelt so lang, als der Cylinder, und nur am obern Theile mit Zähnen versehen. Um den Zugang der äußern Luft zum obern Theile des Cylinders abzuhalten, ist dieser bei ao mit einem Deckel verschlossen, durch welchen die Kolbenstange luftdicht hindurchgehet. Das Fußgestelle der Pumpe ist wie ein Tisch mit vier Füßen eingerichtet, und die Bänder zwischen den Füßen nebst dem Tischblatte dienen dem Cylinder zur Befestigung. Auf dem Tischblatte stehen sechs Säulen, wovon zwei ein Querband tragen, das der Axe des Trillings zur Unterlage dient, die vier übrigen aber eine Platte tragen, worauf der Teller befestigt ist, nebst noch einem Schraubengestelle, welches die Glocke zu befestigen dient, wenn man unter derselben die Luft verdichten will. Der Kolben hat ein Ventil, welches die Luft nur von unten nach oben durchläßt. Ein anderes Ventil liegt im Boden des Cylinders, welches ebenfalls die Luft nur nach oben durchläßt. Würde nun die Röhre cd ununterbrochen bis zum Teller der Luftpumpe hinauf geführt, und wäre der Cylinder bei ao offen, so sieht man, daß die Pumpe nur zum Verdünnen der Luft dienen könnte. Damit sie aber auch zur Verdichtung der Luft zu gebrauchen ist, so hat man die Röhre cd nicht allein vermittelst des angebrachten Hahnes efgh bei d unterbrochen, sondern auch die Einrichtung so gemacht, daß sich diese Röhre vermittelst des Hahnes in zwei Aeste vertheilt, davon ein jeder nach Gefallen verschlossen werden kann. Der Kopf k dieses Hahnes ist mit drei horizontalen Schweifen oder Griffen wie kl versehen, welche am Mittelpunkte k gleiche Winkel mit einander einschließen.

Die innere Einrichtung des Hahnes zeigen Fig. 215. und 216., welche horizontale Durchschnitte vorstellen, in welchen die Axe der Röhre cd liegt. In der Fig. 215. ist cd die Röhre, der äußere Ring die Hülse des Hahns, und die innere Kreisfläche der Durchschnitt des körperlichen Hahns selbst, welcher Fig. 216. noch einmal besonders abgebildet ist. Die unbewegliche Hülse Fig. 215. hat drei Oeffnungen d, m, n. Die eine d hängt mit der Röhre dc zusammen, von m geht eine Röhre hinauf zum Teller, von n aber geht eine andere Röhre zur obersten Oeffnung des Cylinders und hängt daselbst mit dem innern Raume des Cylinders so zusammen, wie es bei opq (Fig. 214.) vorgestellt ist.

Auch der Körper des Hahns (Fig. 216.) ist an drei Stellen 1, 2, 3 durchbohrt, welche an die Oeffnungen der Hülse d, m, n passen; von 1 erstreckt sich ein Kanal bis 2, von 3 geht ein Kanal gegen die Axe des Hahns zu, biegt sich aber bei y aufwärts, so wie es die Fig. 214. bei d y z vorstellt. Mit den Linien v 1, v 2, v 3 sind die drei Schweife des Hahnes parallel. — Hat nun der Hahn diese Stellung, daß 1 auf d zutrifft, so trifft 2 auf m, und 3 auf n zu; mithin ist ein Weg von c durch d und m nach dem Raume unter der Glocke, und ein Weg oben von dem Cylinder bei o durch p, q, n, y bis z offen, so daß die Luft in der Glocke mit der im Cylinder unter dem Kolben, und außerdem die Luft über dem Kolben mit der äußern Luft Gemeinschaft hat. So dient also die Pumpe zum Verdünnen der Luft, und deßwegen ist auf dem mit v 1 parallelen Schweife des Hahns der Buchstabe E (exantlatio) gestochen. Wenn der Hahn so gedreht wird, daß 3 auf d zutrifft, so trifft 1 auf m und 2 auf n zu; mithin hat nun die äußere Luft durch z, y, c, f mit der Luft unter dem Stempel im Cylinder Gemeinschaft; von der Luft über dem Stempel aber geht ein Weg durch o p q und n, m bis zu der Luft unter der Glocke hinauf. In dieser Stellung dient die Pumpe zum Verdichten. Beim Heraufziehen des Stempels tritt die äußere Luft durch z y d c, öffnet das Ventil f und tritt in den innern Raum des Cylinders unter den Stempel; beim Herabwinden des Stempels stößt diese Luft das Kolbenventil auf, begibt sich in den Raum über den Kolben und wird beim folgenden Auszug des Stempels durch die Röhre o p q unter den Teller in die Glocke gepreßt. Aus dieser Ursache wird der mit v 3 parallele Schweif des Hahns mit dem Buchstaben C (compressio) bezeichnet. — Hat endlich der Hahn diese Stellung, daß 3 auf m trifft, so ist nun der innere Raum der Glocke mit der äußern Luft, selbst verbunden, und eben diese Stellung dient, die Luft wieder unter die Glocke zu lassen, wenn sie ausgeleert, oder sie heraus zu lassen, wenn sie verdichtet war. Daher hat auch der mit v 2 parallele Schweif kein Zeichen. Durch diese sinnreiche Einrichtung des Hahnes hat Smeaton bei den Luftpumpen mit Ventilen den Vortheil erhalten, sie nicht nur zum Verdünnen, sondern auch zum Verdichten der Luft zu gebrauchen. Außerdem aber gewährt der Deckel, welcher den Cylinder oben bei a o verschließt, noch den Vortheil, daß von oben keine Luft über dem Stempel eindringen kann. Deßwegen ist auch an der Oeffnung o ein drittes Ventil angebracht, welches wohl die Luft aus dem Cylinder heraus, aber keine hinein läßt, indem weder beim Verdünnen noch beim Verdichten Luft eingeht. Die eingehende Luft würde aber beim Verdünnen sowohl als Verdichten hinderlich sein. In beiden Fällen nämlich würde sie durch ihre Elasticität das Heraufwinden des Stempels ungemein erschweren, indem beim Verdünnen die atmosphärische Luft in den Cylinder und beim Verdichten die unter der Glocke sehr stark verdichtete Luft über den Stempel treten würde. — Auch die Ventile hat Smeaton beträchtlich verbessert. Im Bodenstücke des Cylinders befindet sich eine runde Vertiefung f f, mit welcher die Röhre c d zusammenhängt. Diese Vertiefung ist im Durchmesser drei-

mal weiter als die Röhre c d und über ihre obere Oeffnung ist die Ventilblase gespannt. Durch diese Einrichtung wird also der Druck der Luft gegen die Blase 9 mal stärker, als wenn das Ventil, wie an der Hawksbeeschen Luftpumpe eingerichtet wäre; damit aber der Druck der Luft diese Blase nicht zerreiße, so bringt Smeaton über der Oeffnung ff ein zartes Netz von Metall an, welches aus sieben Sechsecken besteht, wovon ihrer sechs um das siebente in der Mitte befindliche herumliegen. Dieses Netz befindet sich in der Mitte einer metallenen Scheibe, welche auf dem Boden des Stiefels liegt und über welche eben die Blase gespannt ist. Schließt nun der Stempel an dem Ventil allenthalben genau an, so muß nothwendig alle Luft unter dem Kolben durch das Kolbenventil hinauftreten. Zu dieser Absicht ist in der Mitte der ebenen und glatten Grundfläche des Kolbens eine kleine Oeffnung i, über welcher das Kolbenventil liegt. Durch den darüber liegenden Theil des Kolbens gehen die paar kleinen Oeffnungen s und t hindurch, um die Luft hinauf zu lassen. Bei dieser Einrichtung bleibt zwar allerdings ein Theil der im Cylinder befindlichen Luft unterhalb des Kolbens sitzen, welche aber nur den kleinen Canal i ausfüllt. Wäre bei o kein Ventil befindlich, so würde die unter dem Kolben zurückbleibende Luft mit der äußern gleiche Dichtigkeit haben. Weil aber das Ventil bei o alle äußere Luft abhält, mithin der obere Raum beinahe luftleer ist, so wird der zurückgebliebene Theil Luft in i das Kolbenventil so lange heben und sich ausbreiten, bis sie nur noch gleiche Dichtigkeit mit der Luft unter der Glocke hat. Wie viel es zu sagen habe, wenn bei o kein Ventil befindlich wäre, läßt sich auf folgende Art übersehen. Verhielte sich der Raum, in welchem die Luft von gleicher Dichtigkeit mit der atmosphärischen Luft unter dem Kolben zurückbleibt, zum ganzen Raume des Kolbenzuges wie 1 : v, so würde diese Luft, nachdem der Stempel hinaufgewunden worden, v mal dünner sein, als die äußere, und wenn alsdann die Luft unter der Glocke schon eben so stark verdünnt wäre, so könnte in den Cylinder nichts mehr hineintreten, und die Verdünnung ließe sich nun nicht weiter treiben. Ist hingegen das Ventil in o da, so wird die schon v mal verdünnte Luft in i noch v mal verdünnt und nun kann die v mal dichtere Luft in der Röhre c d das Bodenventil gar wohl noch aufstoßen. Zuletzt kömmt noch alles darauf an, daß der Stempel oben am Deckel des Cylinders in seinem höchsten Stande recht genau anschließt und daß zwischen dem Ventil o und dem Kolben so wenig Luft, als möglich ist, stecken bleibe, weil sie daselbst mit der äußern einerlei Dichtigkeit hat. Gesetzt es bleibe bei o ein Raum, der w mal kleiner ist, als der Raum des Kolbenzuges, so wird sich doch die darin zurückgebliebene Luft, wenn der Kolben herabgewunden wird, durch den ganzen Raum des Kulbenzuges ausbreiten und w mal dünner werden, als die äußere Luft. In dem Raume i also wird die zurückbleibende Luft ebenfalls w mal dünner als die äußere Luft sein. Ist nun dieser Raum i, v mal kleiner als der Raum des Kolbenzuges, so wird die darin befindliche Luft, wenn der Kolben ganz wieder in die Höhe gewunden ist,

v × w Mal dünner als die äußere Luft sein, und bis auf diese Grenze wird sich die Verdünnung der Luft unter der Glocke auch treiben lassen.

Smeaton hat auch, wie berichtet worden, die Birnprobe erfunden und mittelst derselben gefunden, daß er mit seiner Luftpumpe eine 1000fache Verdünnung der Luft bewerkstelligen konnte, wenn dieselbe frisch gereinigt und noch nicht lange gebraucht war. Gewöhnlich brachte er eine 500fache Verdünnung hervor. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Birnprobe stets eine größere Verdünnung als die Barometerprobe angibt, weil sie die Spannkraft der Dämpfe nicht mißt.

Die Smeatonsche Luftpumpe ist von Nairne und Blunt noch verbessert und in dieser verbesserten Gestalt von Lichtenberg beschrieben worden. Ihren äußern Bau gibt die Fig. 217. Der Cylinder c d nebst der mechanischen Anordnung der Kolbenbewegung durch die Kurbel B und Zahnstange C ist wie zuvor ungeändert. Aus dem untern Ende des Cylinders geht ebenfalls die Röhre e d c ununterbrochen in das metallene Stück c b, das wie eine Stange aussieht, aber eigentlich eine Röhre ist, welche unter dem Teller A der Luftpumpe fortläuft und sich bei a in das Loch des Tellers öffnet; aus dem obern Ende des Cylinders aber geht die Röhre g h durch einen ähnlichen Canal o k in in den Teller. Statt des unten liegenden Smeatonschen Hahnes sind zwei gewöhnliche Senguerdsche Hähne zu mehrer Bequemlichkeit oben bei m und n angebracht. Haben diese Hähne die Stellung, wie die Figur zeigt, so steht nun der Canal c b mit dem innern Raume der Glocke in Verbindung; o k aber ist von der Glocke abgeschnitten und dagegen mit der Büchse i verbunden, aus welcher auf der abgewandten Seite ein Loch in die freie Luft geht. Auf diese Weise ist nun die Pumpe zum Verdünnen eingerichtet; denn sobald der Kolben aufgewunden wird, so tritt die unter der Glocke befindliche Luft durch den Canal a b c d E in den luftleeren Stiefel, welche beim Niederwinden durch das Kolbenventil über den Kolben sich begibt und beim abermaligen Aufwinden des Stempels durch den Canal D g h i in die freie Luft getrieben wird. Werden aber die Hähne um $\frac{1}{4}$ des Cirkels gedreht, so ist der Canal c b von der Glocke abgeschnitten und mit der freien Luft verbunden, o k hingegen hat mit dem innern Raume in der Glocke eine Gemeinschaft. Diese Stellung der Hähne macht also nun die Pumpe zum Verdichten geschickt; denn beim Aufwinden des Stempels begibt sich äußere Luft durch den Canal c d e E in den Stiefel, welche beim Niederwinden über denselben tritt und beim folgenden Aufwinden durch den Canal D g h k a unter die Glocke getrieben wird. Auf den Hähnen sind Striche mit E und C eingestochen, welche als Zeichen dienen, wie sie stehen müssen, um zu exantliren oder zu comprimiren. Durch die Hähne könnte man auch zur verdünnten Luft wieder äußere hinzu und die verdichtete herauslassen; um sie aber zu schonen, ist zur Seite des Canals o k die luftdichte Schraube k angebracht, welche man öffnen und so den innern Raum der Glocke mit der äußern Luft verbinden kann. — Statt der Blase ist zu den Ventilen ein angeschraubtes Stück Wachstaffet mit vier Zipfeln angewendet worden. Der Kolben besteht aus zwei Stücken, deren unteres gerade durchbohrt und

mit dem Ventile bedeckt, das obere schief durchbohrt ist. Beide sind durch zwischenliegendes Leder am Rande fest verbunden; in der Mitte aber lassen sie zwischen sich einen kleinen Raum, damit sich das Ventil heben könne.

Zu den vollkommensten, sinnreichsten, aber auch künstlichsten und darum schwer mit vollkommener Genauigkeit herzustellenden Luftpumpen gehört die von Cuthbertson. Dieselbe hat 2 Cylinder und statt der Blasenventile Kegelventile. Fig. 218. stellt einen der beiden Cylinder im Längendurchschnitte dar. CD ist der Cylinder, dessen Boden wie die Figur angibt bei L durchbohrt ist, so daß L die Ventilöffnung ist, welche sich unterwärts erweitert. Aus dieser Erweiterung führt die Röhre m unter den Recipienten. F ist eine Lederbüchse, in welcher sich die Kolbenstange bewegt, und G ein Gefäß, in welches Oel gegossen wird, welches zum Theil das Leder durchdringt und so den Gang der Kolbenstange zugleich luftdicht macht und geschmeidig erhält; a a ist eine Röhre die aus dem Stiefel in die weitere Röhre R R führt, in der sich ein metallener Stift befindet, welcher vermöge seiner Schwere in die Mündung c sinkt und nur dann gehoben wird, wenn Luft und Oel durch die Röhre a a mit Gewalt gepreßt wird. Zwei Metällstückchen d und d erhalten den Stift in seiner Richtung. Oberhalb R R befindet sich ein zweites Oelgefäß, welches das durch R R getriebene Oel aufnimmt und nach fortwährender Zunahme desselben es endlich durch die Röhre T wieder in das Oelgefäß G zurückführt. Die Kolbenstange H J ist ihrer Länge nach hohl und in ihr befindet sich die massive Metallstange g g, welche sich in einer Lederbüchse im Innern der hohlen Kolbenstange mit Reibung hin und herschieben läßt. Oberhalb bei K hat die Kolbenstange Zähne, in welche wie gewöhnlich ein Zahnrad greift. Die massive Stange g g ist unten bei L mit einem Scheibchen geölten Leders versehen, welches dient, wenn sich die Stange g g gegen die Ventilöffnung L stemmt, dieselbe luftdicht zu verschließen. In g g ist aber noch das Stahlstiftchen L O eingeschraubt, so daß es durch die Oeffnung bei L und O geht. Unterhalb O ist ein Metallplättchen auf das Stahlstiftchen geschraubt, welches nicht durch die Oeffnung O hindurch geht. Dieses Plättchen läßt beim Hinaufgehen des Kolbens den Stab g g mit dem Stahlstift nur so weit sich erheben, daß sein Ende sich etwa ½ Linie über die Ventilöffnung L sich erhebt, dann zieht sich der Kolben an der stehenbleibenden Stange g g hinauf. Der Kolben J hat nun folgende Einrichtung. Er besteht aus zwei Stücken, einem äußeren und einem mittleren. Dieses, welches an der Kolbenstange festsitzt, ist konisch und hat an der unteren breiteren Fläche einen hervorragenden Rand. Das äußere Stück ist genau nach der Form des mittleren und seines Randes ausgehöhlt und schließt dicht an die Wand des Cylinders. Wird nun der Stempel hinaufgezogen, so drückt sich das mittlere Stück luftdicht an das äußere und nimmt es mit hinauf; geht dagegen der Kolben herab, so trennt sich das mittlere Stück von dem äußeren, weil dieß durch Reibung an der Wand des Cylinders gehalten wird, aber nur so weit als ein an der Kolbenstange festsitzender durchbohrter Rand h h dieß erlaubt. Es entsteht aber auf diese

Weise ein freier Durchgang für die Luft durch den Kolben. Die Thätigkeit der Maschine ist nun leicht zu übersehen. Erst geht der Kolben hinauf, so zieht er das Kegelventil in ihm fest zu und drückt die über ihm befindliche Luft durch a a, so daß sie das Stäbchen d d aus c hebt und entweicht. Zugleich erhebt sich die im Innern des Kolbens befindliche Stange g g so weit es die Plättchen bei O erlaubt. Hierdurch öffnet sich die Verbindung m des Cylinders mit dem Recipienten und dieser breitet seine Luft durch den Raum des Cylinders unter dem Stempel aus. Geht hierauf der Kolben niederwärts, so trennt sich erst das mittelere Kolbenstück vom äußeren, wodurch eine Ventilöffnung im Kolben entsteht, zugleich geht die Stange g g mit dem Kolben herunter und schließt die Ventilöffnung bei L, die verdünnte Luft unterhalb des Kolbens wird durch diesen hindurch oberhalb desselben gedrückt. Noch ist zu bemerken, daß sich in der hohlen Kolbenstange bei H eine Oeffnung befindet, durch welche Oel in das Innere desselben gelangen kann, welches die Liederung, in der sich g g bewegt geschmeidig erhält. Bei dieser Ventilluftpumpe ist nun zwar der Hauptübelstand dieser Gattung von Luftpumpen beseitigt, nämlich daß das Bodenventil durch die Spannkraft der Luft unter dem Recipienten geöffnet werden muß und diese bei einem gewissen Grade der Verdünnung zu schwach wird um dieß zu vermögen. Dafür hat sie einen anderen Uebelstand, welcher ihre Wirksamkeit sehr beschränkt. Offenbar sind nämlich in dem Augenblicke, in welchem der Kolben seine Bewegung nach unten beginnt, das Bodenventil und das Kegelventil des Kolbens gleichzeitig geöffnet, und die Luft welche sich in a a aufhält kann in diesem Augenblicke in das Untere des Cylinders durch L nach m und bis in den Recipienten sich ausdehnen. Nun ist zwar der Moment, in dem beide Ventile zugleich geöffnet sind sehr kurz, aber dafür hat auch die Luft in a a eine die der Atmosphäre übersteigende oder ihr wenigstens gleich kommende Spannkraft, denn um beim Hinaufgehen des Kolbens das Stäbchen cd, welches unter dem Drucke der Atmosphäre steht, zu heben, muß offenbar die Luft in a a eine größere Spannkraft als die Atmosphäre erlangen.

Der erste, welcher eine Luftpumpe mit doppelter Wirkung Eines Cylinders herstellte, war Schrader. Hier nämlich bewirkt sowohl das Niedersteigen des Kolbens als das Aufsteigen desselben Verdünnung der Luft. Die Maschine kann aber nur zum Verdünnen, nicht auch zum Verdichten der Luft gebraucht werden. Fig. 219. ist der Stiefel mit der Steuerung der Ventile abgebildet. Die Ventile sind wie man sieht unter dem Einflusse von Federn stehende Kegelventile. Der Stiefel ist 22 Zoll lang und hat 3 Zoll im Durchmesser. Der Stempel (Fig. 219.) c ist nicht durchbohrt. Auf der Breite der gezahnten Kolbenstange sind Stifte immer drei Zoll weit von einander aufgesetzt, welche in der Figur mit Punkten bezeichnet sind. Diese Stifte dienen, den 12 Zoll langen Hebel g gleichsam stoßweise nieder zu drücken. Zu dieser Absicht ist er um seinen Ruhepunkt h beweglich, den er an einer von den Säulen hat, die den Teller tragen. Von diesem Hebel g geht eine Schnur über zwei Rollen herab, wie es die Figur deutlich zeigt. Nicht weit vom untern Boden des Cylinders befindet sich seit-

wärts ein metallenes Kegelventil; die Spitze des Kegels ist gegen den Cylinder gekehrt und auf der Basis desselben ist ein Draht eingeschraubt, an dessen Ende der von dem Hebel g über die beiden Rollen herabgehende Faden befestigt ist. Uebrigens wird der Kegel von einer in der 4 Zoll langen und 1 Zoll breiten Röhre p befindlichen Spiralfeder, welche sich gegen den angeschraubten Deckel stemmt, in die Oeffnung des Ventils gepreßt. Wenn folglich beim Niederwinden des Stempels der Hebel g niedergedrückt wird, so öffnet sich dadurch das Ventil, durch welches die Luft aus dem Cylinder ins Freie geht. Die obere Oeffnung des Cylinders ist verschlossen und die Kolbenstange geht bei d in ledernen Scheiben. Auf dem Deckel ist ein Ventil f angebracht, welches dem bei p vollkommen gleich ist. Von dem Drahte dieses Kegels geht eine Schnur bis an das vordere Ende eines Hebels i hinauf, der seinen Ruhepunkt dicht unter dem Kasten, in welchem das Getriebe zur Bewegung der gezahnten Stange befindlich, in x hat, und an seinem äußersten Ende von Stiften ergriffen wird, welche auf der Hinterseite der Stange aufgesetzt sind. Wenn folglich der Stempel in die Höhe gewunden wird und die Stifte der Stange den Hebel i ergreifen, so hebt sich dieser und mit ihm zugleich der Kegel des Ventils, daher die Luft in dem Cylinder über dem Kolben einen freien Ausweg findet. Damit aber dieser Hebel beim Niederwinden des Stempels nicht wieder ergriffen werde, hat er in der Mitte bei i ein Gelenke, so daß bloß der vordere Theil des Hebels niedergedrückt und eine unten befindliche Feder ihn wieder in seine vorige Lage versetzt, der hintere Theil hingegen auf einer Unterlage horizontal erhalten wird. An der andern Seite des Cylinders ist ein drittes Ventil angebracht, so daß die Oeffnung desselben von der innern Deckelwand des Cylinders genau so weit entfernt ist, als die Höhe des Kolbens ausmacht. Bei diesem Ventil ist die Grundfläche des Kegels gegen den Cylinder gerichtet und die kleine Röhre k inwendig genau ausgebohrt und geschliffen, damit ein kleiner Stempel darin vollkommen anschließe. Das Stück Messing, in welches der Kegel paßt, ist aufwärts vertikal durchbohrt, so daß beim aufgestoßenen Kegel eine Verbindung des Cylinders mit diesem durchbohrten Canal stattfindet. Auf dieses Stück läßt sich eine Röhre aufschrauben, die mithin eine Gemeinschaft mit dem Cylinder haben kann. In die Spitze des Kegels ist eine kleine metallene Stange eingeschraubt, an welcher der kleine Kolben befestigt ist, der in der Röhre k genau anschließt und vermittelst des Knopfs l hin und her bewegt werden kann. An diesen kleinen Kolben stemmt sich auch die in der Röhre k befindliche Spiralfeder, wenn sie das Ventil aufstößt, welches sonst von jener im ruhigen Stande angezogen wird. Am Ende dieser Röhre k befinden sich noch ein paar lederne Scheiben, durch welche die kleine metallene Stange hindurch geht und welche vorzüglich dazu dienen, daß die äußere Luft auf den kleinen Kolben nicht drücken und den Kegel wieder aufstoßen könne. Uebrigens müssen bei allen Ventilen die Grundflächen der Kegel mit der inwendigen Seite des Cylinders genau zusammenfallen, so daß sie einerlei Fläche mit derselben bilden, und keine Erhöhung oder Vertiefung entstehe. Wenn der Stempel aufgewunden

wird und vollkommen am Deckel des Cylinders anschließt, so wird sogleich eine Gemeinschaft mit dem innern Raume der Glocke und dem des Cylinders entstehen, sobald der Knopf l des obern Seitenventils hineinwärts gedrückt wird; mithin kann nun die Luft aus der Glocke in den Cylinder treten. Diese Gemeinschaft wird aber nach Nachlassung des Druckes an dem Kopfe l aufgehoben. Beim Herabwinden des Stempels ergreifen alsdann die Stifte an der Zahnstange den Hebel g, wodurch das Ventil bei p stoßweise geöffnet wird, so daß die unter dem Kolben befindliche Luft einen Ausweg findet. Während dieses Herabwindens ist über dem Kolben im Cylinder ein leerer Raum entstanden; öffnet man also wiederum das Seitenventil bei k, so geht von neuem Luft aus der Glocke in den Cylinder über. Wenn hiernächst das Aufwinden des Stempels zum zweiten Male erfolgt, so ergreifen die Stifte an der Hinterseite der Zahnstange den Hebel i, wodurch das Ventil oben bei f sich öffnet und der über dem Kolben befindlichen Luft einen Ausweg verschafft.

Eine Hahnluftpumpe, bei welcher der schädliche Raum völlig vermieden ist, und bei welcher eine bequeme Steuerung der Hähne angebracht ist, die überdieß mit jedem ihrer Cylinder doppelte Wirkung hervorbringt, hat Muncke wie folgt beschrieben: Die Durchschnittszeichnung Fig. 220. stellt den oberen und unteren Theil des Stiefels einer eigentlich zweistiefeligen, doppelt wirkenden Maschine dar, dessen innerer Durchmesser 3 Zoll bei einer Höhe von 18 Zoll par. Maß beträgt, wonach aber die einstiefeligen, doppelt oder einfach wirkenden, leicht zu construiren sind. AA', BB' bezeichnen die Wandungen des Stiefels, CC' und DD' das Bodenstück und das obere Deckelstück, alles bloß aus Messing und ohne zwischenliegendes Leder durch genaues Aufschleifen der sich berührenden Flächen luftdicht schließend. Der Embolus wird unten näher beschrieben werden und es genügt daher hier nur zu bemerken, daß b' der Konus am unteren Theile des Embolus ist, welcher in die Vertiefung b des Bodenstückes bis auf den Hahn x herabgeht, und eben so a' und a für die obere Fläche des Embolus und den Hahn y in dem eingeschraubten Stücke E. Bei beiden bezeichnet l' und l'' den um 90 Grade von der ganzen Durchbohrung des Hahns abstehenden zweiten Kanal, durch welchen die unter und über dem Embolus befindliche Luft ins Freie ausgetrieben wird. Es ist klar, daß durch solche bis auf die Fläche der Hahnen reichende abgekürzte Kegel aller schädliche Raum gänzlich vermieden wird. Die Kolbenstange II, welche unten mit dem Gewinde l in den Embolus eingeschraubt wird und oben mit der gezahnten Stange K verbunden ist, bedarf keiner Erklärung, dagegen verdient noch die Stopfbüchse v y' eine besondere Erwähnung. Minder geübte Künstler können eine gewöhnliche Lederbüchse oben mit einem Oelschälchen anbringen, allein die Erfahrung zeigt, daß in diesem Falle das Oel mit der Zeit dickflüssig und zähe wird, sich an die Stange hängt und leicht Beschmutzungen veranlaßt, außerdem aber das Messing angreift, denn der vom Oele umgebene Theil der Kolbenstange wird rauh und merklich angefressen. Dieses kann vermieden werden, wenn die Kolbenstange genau cylindrisch gear-

beitet und abgeschmirgelt, der luftdichte Verschluß aber durch dichtes Anschließen des Metalls erreicht ist. Dieses geschieht auf folgende Weise. Bei der Vorrichtung vv' sieht man einen oben scharf zulaufenden Ring die Kolbenstange umgeben. Dieser schließt schon an sich luftdicht, allein es wird über diesen ein zweiter, inwendig etwas konischer Ring gesteckt und durch eine Schraube herabgedrückt, welcher den dünnen inneren Ring stets die Kolbenstange luftdicht umschließen macht. Die Stange wird dann bloß von Zeit zu Zeit etwas mit Pomade *) überstrichen, und damit sich kein Staub oder kein Sandkörnchen zwischen die Metallflächen dränge, wird unter den oberen Rand der äußeren Schraube eine einfache, die Stange umgebende Scheibe Leder gelegt, um das Eindringen solcher Körper zu verhindern. Das Getriebe Fig. 221. nebst der Selbststeuerung der Hahnen ist gleichfalls für eine doppeltwirkende, zweistiefelige Luftpumpe gezeichnet. Das gezahnte Rad C greift in die gezahnte Verlängerung der Kolbenstange K ein, hebt diese abwechselnd und drückt sie nieder. Dasselbe ist auf der nämlichen Axe mit dem zweiten Rade D unbeweglich festsitzend, letzteres aber, der leichteren Exantlirung wegen von größerem Halbmesser, wird durch ein auf der Axe hinter dem Rade A befindliches, in der Figur nicht wohl darstellbares Getriebe in Bewegung gesetzt **). Das Getriebe ist nach einer Einrichtung von Horner auf der Axe beweglich, so daß es bei jeder anfangenden, vor oder rückwärtsgehenden Drehung derselben so lange ruht, bis ein auf der Axe festsitzender um 120 Grad weggenommener Ring gegen einen Zapfen des Getriebes faßt und denselben umdreht, damit während dieses Stillstandes zuvor die Steuerung der Hahnen bewerkstelligt wird. Letzteres geschieht durch das Rad A, welches die gezahnte Stange aa hebt oder niederdrückt, deren Verlängerungen bei bb und cc gleichfalls mit Zähnen versehen sind, um die Hahnenräder E und F um 90 Grade umzudrehen. Weil die Axen der Hahnen nicht in derselben verticalen Ebene liegen, so ist der zwischenliegende Theil ff der Stange etwas gebogen, welches aber bei einer Länge von mehr als 18 Zollen kaum merklich wird. Unten befindet sich in einer durch die Axe des Rades A gelegten verticalen Ebene der Mittelpunkt G eines zweiarmigen Hebels GH mit dem Bodenstücke dd. Dieses dient nicht bloß dazu, das Getriebe der Stange gegen die Zähne des Rades F zu drücken, sondern auf demselben sind auch die Schienen a' a' befestigt, welche zwischen sich

*) Die beste Pomade, um damit die Ränder der Recipienten vor dem Aufsetzen auf den Teller der Luftpumpe zu bestreichen, ist nach Muncke folgende. Weißes Wachs wird in kleine Stücke zerbrochen und in einer Tasse mit Olivenöl so weit übergossen, daß es völlig bedeckt ist. Diese Mischung wird durch gelindes Erhitzen langsam geschmolzen, dann so lange anhaltend gerührt, bis sie hierzu zu zähe ist; das Rühren ist nöthig um das Wachs genau mit dem Oele zu verbinden. Auch die Hahnen und Kolben werden mit dieser Pomade überstrichen.

**) Die Zeichnung wird deutlich, wenn man berücksichtigt, daß sie von der zweistiefeligen Luftpumpe den links stehenden Stiefel darstellt.

das mit einem Röllchen versehene Zäpfchen g' fassen und dadurch mit der Stange cc zugleich auf und ab bewegt werden. Bei den zweistiefeligen Luftpumpen befindet sich an der anderen Seite des Rades A ein ganz gleicher Mechanismus, als welcher hier nur an der einen mitgetheilt ist, und so hat dann der Hebel GH an der andern Seite gleichfalls ein solches Bogenstück und zwei Schienen, welche auf die andere Stange greifen; beide Stangen sind auf diese Weise verbunden und werden daher nie bloß herabgedrückt, sondern zugleich von der andern gezogen, so daß sie schwächer und doch in ihrer Wirkung sicher sein können. Daß eine bloße gezahnte Stange, wie aa, zur Selbststeuerung nicht genüge, liegt in der Natur der Sache. Ist nämlich der letzte Zahn der Stange so hoch gehoben, daß der hebende Zahn des Rades und so mit auch jeder folgende an ihm vorübergeht, so findet beim Rückgange des Rades kein Eingriff statt, mithin steht dieser Mechanismus still. Um dieses zu vermeiden und den Eingriff bei jedesmaliger rückkehrender Bewegung sicher zu erhalten, hat v. Horner den ersten und letzten Zahn der Stange aa federnd gemacht, wobei sich von selbst versteht, daß die Stangen bb und cc eines solchen Hülfsmittels nicht bedürfen, da man den gezahnten Theil derselben so lang machen kann, daß ihre äußersten Zähne aus denen des Rades nie völlig ausgelöst werden. — Die Einrichtung des Stiefels seiner Luftpumpe beschreibt Muncke folgendermaßen: Es ist cc Fig. 220. die messingne Bodenplatte mit dem massiven cylindrischen Stücke kk, worin die Vertiefung mit einer weiblichen Schraube geschnitten ist, um die männliche Schraube der Kolbenstange J hineinzuschrauben und dadurch zugleich die beiden Endplatten des Embolus einander mehr zu nähern. Den oberen Theil desselben bildet die Messingplatte dd mit einem hohlen abgekürzten Kegelstücke ee, worein der Cylinder kk des unteren Stückes genau paßt, und welcher durch die zinnenen hohlen Ringe g'g', g'g' .... umgeben ist. Das massive Stück Messing ee ist aber zuvor mit mehren Lagen naß umgewickelten und dann getrockneten Leders ii umgeben worden, über welches die zinnenen Ringe gezwengt sind, damit sie hierdurch einige Elasticität erhalten. Letztere werden durch die zusammengeschraubten Endplatten festgepreßt, dann wird der ganze Kolben genau abgedreht, so daß er sich festschließend im Stiefel bewegt, wobei bloß die scharfen Kanten unten und oben so weit abzustoßen sind, daß kein Schaben oder Schneiden derselben an den Wandungen des Stiefels stattfindet, der Embolus wird endlich mit Pomade stark eingerieben und in den Stiefel gebracht. Hiernach erhalten sowohl die zinnenen Ringe, als auch insbesondere der messingene, etwas konische hohle Cylinder ee so viel Federkraft, als erforderlich ist, um die geringe ungleiche Ausdehnung der Metalle durch Wärme zu compensiren. Sollte aber der Embolus durch langen Gebrauch etwas abgerieben werden, wie jedoch kaum zu befürchten ist, so könnte man oben einen zinnenen Ring wegnehmen, die bleibenden Ringe aber durch das festere Eindrücken des verjüngten Cylinders ee etwas mehr ausdehnen und unten einen neuen Ring hinzufügen. Wenn man aber einen bloß metallenen Embolus für unzulässig hält, so wird statt des

Zinnes zuerst genäßtes, dann mit Pomade eingeriebenes, weißes Leder genommen und das Ganze abgedreht. Das Leder erhärtet mit der Zeit sehr und ein abgenutzter Embolus müßte daher neues Leder erhalten. Uebrigens kann ein guter Embolus bei stetem Gebrauche leicht zehn und mehre Jahre ausdauern.

Eine wesentliche Verbesserung der Ventilluftpumpen ist das durch Reiser bei seiner Luftpumpe angebrachte Bodenventil, welches nicht durch die Spannkraft der verdünnten Luft des Recipienten, sondern mittelst eines eigenen Mechanismus geöffnet wird. Dieses Ventil besteht aus einem metallenen Kegel c Fig. 222. welcher in das Bodenstück des Stiefels so genau eingeschliffen sein muß, daß man beim Geschlossenseln desselben, wenn man mit der Hand über die gemeinschaftliche Fläche hinfährt, durchaus weder eine Erhabenheit, noch eine Vertiefung bemerkt und selbst mit dem Auge bloß die kaum sichtbare schwärzlich gezeichnete Grenze beider Metalle als eine Kreislinie wahrnimmt. Für diesen Zweck ist es nach Muncke gewiß vortheilhaft, dem Ventile die Gestalt eines ungleich stumpferen Kegels zu geben, als dieses nach Reiser geschehen soll, wodurch zugleich bewirkt wird, daß eine geringere Hebung desselben einen größeren Raum zum Durchströmen der Luft darbietet. Der messingne Kegel läuft in einen etliche Zoll langen Cylinder aus, welcher durch den bis unter den Recipienten vermittelst eines Rohrs fortlaufenden Raum aa und dann völlig luftdicht durch die Lederbüchse dd bis durch das Bodenstück herabgeht, wo auf demselben ein Knopf geschraubt ist, damit die Feder bb ihn mit bedeutender Stärke herabzieht, so daß das Ventil im gewöhnlichen Zustande eng verschlossen gehalten wird. Gegen den hervorstehenden Knopf drückt der eine Arm der Hebelstange gg′ welche in m ihren Stützpunkt hat, am Ende g aber mit der verticalen Stange hh verbunden ist, deren anderes Ende in den oberen horizontalen Hebel pp′ eingreift, dessen Stützpunkt sich in n befindet und welcher durch die beiden Federn a′a′ stets in horizontaler Lage erhalten wird, so daß ihn das Gewicht der Stange hh nicht herab zu ziehen vermag. Das Ende des Hebelarms p′, welches nicht an der Stange festsitzt, ist soweit verlängert, daß es in die Vertiefungen der gezahnten Stange rr′ dann hineinreicht, wenn der Kolben seinen höchsten und tiefsten Stand einnimmt und durch dieses einfache Mittel wird die mechanische Hebung und Verschließung des Bodenventils bewerkstelligt. Befindet sich nämlich der Embolus dicht unter dem Deckel des Stiefels, so sind die drei Hebelstangen in Ruhe, das Bodenventil aber wird durch die Feder bb fest verschlossen gehalten. Windet man den Embolus herab, so wird auch der Hebelarm p′ herabgedrückt, und die Stange rr′ hält ihn in dieser geneigten Lage, bis der Embolus den tiefsten Stand erhalten hat, das Ende p′ aber wieder in die Vertiefung r′ hineinreicht. Durch das Herabdrücken des Hebelarmes p wird zwar auch die Stange hh′ und der untere Hebel gg′ bewegt, allein diese Bewegung hat keine weitere Folge, als daß das Ende g′ sich etwas vom Knopfe der Ventilstange entfernt; sobald man aber die Kolbenstange wieder aufwärts windet, hebt sie den Arm p′ etwas in die Höhe, die Stange hh′ sinkt herab, der Hebelarm g′

drückt gegen den Ventilknopf, hebt das Ventil ein wenig, so daß die Luft aus dem Recipienten frei in den Stiefel dringen kann, und erhält es in dieser Lage, bis der Embolus seinen höchsten Stand erreicht hat und der Hebelarm p′ wieder in die Vertiefung r einspringt.

Eine besondere Art von Luftpumpen, welche nach Biot sehr wirksam sind, sind die von Fortin angegeben mit Scheibenventil. Der Kolben Fig. 223. hat gar kein Ventil. An dem untern Ende des dort offenen, übrigens am Gestelle wohl befestigten Stiefels ist eine hinlänglich starke, äußerst wohl abgeschliffene Platte verschiebbar. Diese hat drei Oeffnungen v, o und v′. Die zwei äußern v und v′ haben Ventile, die sich nur nach unten öffnen, die mittlere Oeffnung bei o ist ganz frei. Alle drei liegen so, daß, wenn die Oeffnung o zwischen den Cylinder A und die Verbindungsröhre sich stellt, unter dem Cylinder B das Ventil v′ zu liegen kommt. Wird dagegen o unter den Cylinder B geschoben, so liegt das Ventil v unter A. Die Verschiebung geschieht unter Einem, indem die Kolben hinauf und hinab gehen, und die Einrichtung ist so getroffen, daß immer die freie Oeffnung unter dem steigenden Kolben zu liegen kommt (und daher für die aus dem Recipienten in den Cylinder tretende Luft dient), das Ventil v oder v′ immer unter den abwärts sich bewegenden Kolben sich stellt und daher der in dem Cylinder enthaltenen Luft einen Weg in die Atmosphäre verschafft.

Durch große Einfachheit empfiehlt sich eine erst vor Kurzem von Mohr angegebene doppeltwirkende Luftpumpe. Der Stiefel AB (Fig. 224.) ist oben und unten flach abgeschliffen, so daß unmittelbar die flachen Endstücke, mit etwas Fett daran, durch Schrauben befestigt werden. In beiden Endstücken befinden sich Kegelventile m und n, nach außen beweglich, von denen das obere m durch sein eigenes Gewicht, das untere n aber durch eine aufwärts wirkende Feder angedrückt wird. Der massive Kolben k ist an beiden Enden ganz flach, und bewegt sich mit einer genau cylindrischen Stange luftdicht durch die Stopfbüchse bb. An den Endstücken befinden sich außerdem die von innen nach außen sich verengenden konischen Oeffnungen o und p, worin die Enden des Stangenventils c f luftdicht einpassen. Die an o und p befestigten Leitungsröhren führen von g an gemeinschaftlich zum Recipienten. Das Stangenventil c f bewegt sich mit harter Reibung luftdicht durch den Embolus k. Wenn nun zuerst der Kolben von oben nach unten bewegt wird, so zieht er die Stange c f anfangs mit; dadurch wird die Oeffnung o frei und die Luft strömt aus dem Recipienten in den Stiefel; so wie aber das untere Ende der Stange c f die konische Oeffnung bei p geschlossen hat, ist der Kolben genöthigt über die Stange wegzugleiten. Die im Kolben enthaltene atmosphärische Luft ist durch das Ventil n entfernt worden. Beim Rückgange des Kolbens nach oben wird zuerst die Oeffnung bei p frei und die bei o geschlossen, und die bei der ersten Verdünnung in den Stiefel gebrachte Luft wird durch das Ventil m entfernt. Da nun die Stange c f die Oeffnung o schließt ehe die Luft im Stiefel eine bemerkbare Dichte erlangt hat, so bleibt die Luft hinter o anfangs verdünnt abgeschlossen, wird aber selbst durch

ihre Verbindung mit p verdünnt (?). Bei dem wechselnden Spiele des Kolbens sieht man leicht, daß die Verdünnung bis in's Unendliche gehen kann, wenn Sorge getragen ist, daß sich die Flächen des Kolbens und der Endstücke genau berühren, und daß die Kegelventile m und n, so wie die Enden der Stange e f genau ihre Oeffnungen ausfüllen. Der erste Kolbenzug muß offenbar der beschwerlichste sein; jeder folgende wird immer leichter, weil der Druck der Atmosphäre immer später zu überwinden sein wird, so daß er sich bei bedeutender Evacuation fast nur auf die Reibung des Kolbens beschränken wird. Der atmosphärische Druck auf die Dicke der Kolbenstange, der an sich unbedeutend ist, wird sich dann beim Auf- und Niedergange, so wie bei zwei Stiefeln gleichzeitig compensiren. Diese Art von Maschinen scheinen die Einfachheit der Ventilluftpumpen mit der Brauchbarkeit der Hahnluftpumpen zu vereinigen, wenn die Stange im Kolben stets luftdicht sitzt.

Indem ich eine große Menge der vielen Beschreibungen von Luftpumpen übergehe, die sich zum Theil durch eigenthümliche Vorzüge auszeichnen, weil die wichtigsten Verbesserungen wie ich glaube schon in dem Mitgetheilten beschrieben sind, muß ich doch die größtentheils durch Einfachheit und Wohlfeilheit sich auszeichnenden Luftpumpen, bei denen ein förmliches Ventil nicht vorkommt, sondern nur eine Ventilöffnung, während der Kolben selbst als Ventildeckel wirkt, erwähnen. Hierher gehört die von Elizur Wright angegebene Pumpe. F (Fig. 225.) ist der (auf einem Gestell befestigte) Teller der Luftpumpe, unter welchem in horizontaler Lage der Cylinder AB sich befindet. Dieser communicirt mit dem Teller durch 2 Röhren, welche durch die Oeffnungen bei A und bei B in den Teller münden. Innerhalb des Cylinders befinden sich zwei luftdicht anliegende Kolben P und N. Der letztere hat eine größere Länge als der erstere, so daß er zurückgetrieben unmittelbar hinter die Mündung bei B tritt. Er befindet sich an einer kurzen Kolbenstange an welche eine Querstange und eine Doppelfeder so angebracht sind, daß der Kolben für gewöhnlich durch die Kraft der Feder in der in der Figur angezeigten Stellung gehalten wird. Der andere Kolben P hat eine längere oben gezahnte Kolbenstange, welche durch das Getriebe mit der Kurbel H hin und her bewegt werden kann. Bei C geht er luftdicht in eine Lederbüchse. Beide Kolben sind ganz eben abgeschliffen, so daß sie mit ihren Endflächen genau auf einander passen. Um die Luft unter einem Recipienten zu verdünnen wird derselbe über die Oeffnung A gesetzt. Der Kolben P befindet sich vor Anfang der Operation oberhalb A, dicht an der Bodenplatte des Cylinders bei C. Hierauf bewege man ihn gegen N, so drückt er die atmosphärische Luft in den Cylinder gegen den Kolben N, wodurch dieser zurückweicht, dadurch die Oeffnung bei B öffnet und so die Luft aus dieser Oeffnung ausströmen läßt. Zieht man nun P zurück, nachdem er bis hart an N gestoßen, so folgt N dem Drucke der Feder nachgebend und verschließt die Mündung N, bleibt aber in der in der Figur angezeigten Stellung stehen. Der weiter zurückgehende Kolben P läßt hinter sich einen leeren Raum zurück und sowie er bis hinter die Oeffnung A gelangt, füllt sich dieser leere Raum mit verdünnter Luft die

aus dem Recipienten durch das Röhrchen bei A einströmt. Diese Luft wird durch ein zweites Vorschieben des Kolbens P gegen N durch die Oeffnung bei B ausgetrieben, u. s. f. Befestigt man einen Recipienten über die Oeffnung bei B so treibt der Kolben P bei jeder Bewegung gegen N eine Quantität atmosphärische Luft in denselben, welche durch die Oeffnung bei A nach dem Rückziehen des Kolbens P hinter diese Oeffnung immer aufs neue wieder in den Cylinder tritt. Bei dieser Maschine bleibt nur räthselhaft, wie, wenn sich durch die Oeffnung bei A Luft hinter den Kolben P begeben hat, dieser bis an die Rückwand des Cylinders getrieben werden kann, da diese Luft nachdem P rückwärts bis zur Oeffnung A gekommen keinen Ausweg mehr hat. Nothwendig muß bei C ein nach außen sich öffnendes Ventil oder ein Stopfer in einer Oeffnung angebracht sein.

Am allereinfachsten ist Ritchie's Luftpumpe Fig. 227. stellt ihren Durchschnitt dar. F ist der auf dem Teller stehende Recipient. Aus der Mitte des Tellers geht eine Communicationsröhre in den Stiefel AB, in den sie in einer Höhe vom Boden mündet, welche der Dicke des Kolbens gleichkommt. Die Kolbenstange bewegt sich in einer Stopfbüchse und wird nur mittelst einer Handhabe regiert. Bei E befindet sich im Deckel des Cylinders eine kleine mit dem Finger verschließbare Oeffnung. Der Kolben D stehe auf dem Boden des Cylinders und werde aufwärts bewegt, so treibt er die Luft über ihm aus dem Cylinder. Jetzt lege man den Finger auf die Oeffnung E und führe den Kolben wieder hinab, so entsteht über ihm ein luftleerer Raum, der sich aber, nachdem D auf dem Boden des Cylinders angelangt ist, mit verdünnter Luft aus dem Recipienten füllt. Zieht man den Kolben wieder aufwärts so wird diese Luft aus dem Cylinder nach Abhebung des Fingers bei E ausgetrieben. Durch öftere Wiederholung dieses Verfahrens kann man die Verdünnung der Luft im Recipienten beliebig weit treiben. Auch hier aber muß man fragen, wie denn der Kolben unterhalb C gelangen könne, da die Luft im Cylinder unter C durchaus keinen Ausweg hat.

Diese Vorrichtung hat Mohr indeß zu Herstellung einer Fig. 228. abgebildeten Luftpumpe geführt. AB ist der Stiefel; seitwärts befinden sich darin bei q und r kleine Oeffnungen, in Verbindung mit den einfach durchbohrten Hähnen s und t, welche gemeinschaftlich bei h gesteuert werden. Es befinde sich nun der Kolben oben, der Hahn s sei geöffnet, t aber geschlossen, so wird durch Hinabdrücken des Kolbens die Verdünnung durch s erfolgen und die atmosphärische Luft durch n entweichen. Bei r wird ein kleiner schädlicher Raum abgeschlossen, welcher sich, wenn der Kolben an ihm vorbei ist, in den Stiefel und durch s auch in den Recipienten verbreiten wird. Nun werden die Hähne gedreht, so daß t offen und s verschlossen ist, und die bei der ersten Verdünnung in den Stiefel gelangte Luft wird durch m entleert. Der schädliche Raum bei q wird sich nun ebenfalls dem Stiefel und durch t auch dem Recipienten mittheilen. Es wird aber endlich ein Punkt der Verdünnung kommen, wo der Kolben an den Oeffnungen q und r vorbei gegangen sein wird, ehe die Luft im Stiefel

die Dichtigkeit der atmosphärischen erlangt hat, und von diesem Punkte an werden die schädlichen Räume bei q und r mit verdünnter Luft abgesperrt, wodurch also dem Principe nach eine unendliche Verdünnung möglich ist.

Noch einfacher ist eine andere Luftpumpe von Mohr, welche Fig. 228. darstellt. Es befindet sich auf der Mitte der Höhe des Stiefels eine einzige Oeffnung i, durch den einfach durchbohrten Hahn p zu reguliren. Alles andere ist wie bei der so eben beschriebenen Maschine und das Spiel der Evacuation folgendes. Der Hahn p ist während jeder Bewegung des Kolbens geschlossen. Wird der Kolben hinabgestoßen, so muß der ganze Stiefel luftleer werden und durch eine kurze Oeffnung des Hahns tritt die Luft in den Stiefel. Der Hahn wird sogleich wieder geschlossen und der Kolben aufwärts bewegt, wobei er die Luft der ersten Verdünnung durch m austreibt. Es wird nun wiederum der Hahn einen Augenblick geöffnet und so weiter. Durch eine Selbststeuerung kann man es leicht erlangen, daß der Hahn sich dann öffnet, wenn der Kolben eben vor der Oeffnung i ist, wodurch man sowohl des Oeffnens, als auch des Abwartens der gleichmäßigen Vertreibung überhoben ist. Der schädliche Raum bei i wird aus denselben Gründen wie bei Fig. 227. verschwinden, allein bei dieser Maschine viel früher, weil die Oeffnung i dem Anfangspunkte der Bewegung des Kolbens näher liegt, wodurch also schneller eine verdünnte Luft bei i abgeschlossen wird.

Auf einem ganz anderen Princip als alle bisher betrachteten Luftpumpen beruhen die sogenannten hydraulischen, bei welchen der leere Raum, in den sich die Luft aus dem Recipienten ausbreiten soll, um nachher ganz ausgetrieben zu werden, nicht durch einen zurückgehenden Kolben, sondern durch eine Flüssigkeit (Wasser, Oel, Quecksilber) ähnlich hergestellt werden soll, wie der Raum in der Torricellischen Leere. Der Hauptmangel, den alle hydraulischen Luftpumpen theilen, ist, daß die Flüssigkeiten welche man wählt weder selbst luftfrei sind noch luftdicht an die Wandungen der Gefäße sich anlegen. Wasser und Oel geben überdieß so leicht Dämpfe, daß sie schon darum nicht anwendbar sind. Daher haben die meisten hydraulischen Luftpumpen nur noch ein historisches Interesse. Die Quecksilber-Luftpumpe hat zuerst Swedenborg in sehr roher Gestalt beschrieben. Nachher haben sie namentlich Baader und Hindenburg verbessert. Baaders hydraulische Luftpumpe ist Fig. 229. abgebildet. r ist der Recipient, s ein Senguerdischer Hahn, h ein Röhrchen mit einem gemeinen Hahne, das Uebrige ist für sich deutlich. Wird nun bei geschlossenem Hahne h, der Hahn s so gedreht, daß der Recipient abgeschlossen wird, die Kugel k aber mit der äußern Luft communicirt, und wird in den Trichter t Quecksilber gegossen, so steigt dieses in der Röhre mn so hoch, wie in der Röhre pq. Man füllt es auf diese Weise bis über die Kugel k. Nun dreht man den Hahn s so, daß der Recipient mit der Kugel k communicirt, und öffnet dann den Hahn h, so muß das Quecksilber durch h ausfließen, indem es in der Röhre mn etwa bis d fällt. Die Luft in k und r ist demnach schon verdünnt. Man schließt durch die Dre-

hung des Hahnes s den Recipienten r wieder ab, schließt den Hahn h, gießt neuerdings Quecksilber in den Trichter, wie vorher, und verfährt überhaupt so wie das erstemal. Durch mehre Wiederholungen wird die Luft im Recipienten immer mehr verdünnt. Baader gab später diesem Apparat eine Einrichtung, vermöge deren die Röhre p q, abwechselnd in die verticale Lage p q und in die horizontale p′ q′ gebracht werden konnte. Dabei kann man des Hahnes h ganz entbehren. Denn ist die Röhre horizontal, so ist's dasselbe, als ob das Quecksilber ausgeflossen wäre.

Den Apparat von Hindenburg stellt Fig. 230. dar. R R ist der Teller auf welchen der Recipient gesetzt wird. Aus seiner Mitte geht eine metallene Röhre X mit einem doppelt durchbohrten Hahne O. Darunter schließt sich eine oben zu einem Gefäß erweiterte Glasröhre N M, die sich wie die Figur zeigt umwendet und in den Stiefel H G mündet. Vor dieser Mündung schon soll sie aber in einen Ansatz von Eisen oder einer andern dauerhaften Substanz übergehen, der größern Festigkeit wegen. Im Stiefel bewegt sich der Kolben mit der Kolbenstange, dessen höchste Stellung durch die Tiefe, bis zu welcher die Schrauben a a herabreichen, und dessen niedrigster Stand durch den stellbaren Ring K regulirt wird. Im Innern des Stiefels und der Röhre L M befindet sich Quecksilber. Steht der Kolben oben wie in der Figur so ist das Gefäß N von Quecksilber leer und mit Luft gefüllt. Der Hahn O stelle die Communication zwischen N und der Atmosphäre her, während er den Recipienten abschließt, der Kolben werde herabgedrückt, so steigt das Quecksilber bis an den Hahn und treibt die Luft vor sich her zum Hahn heraus. Hierauf wird der Hahn gewendet, so daß er die Atmosphäre abschließt, Recipient und Gefäß N aber verbindet. Geht der Kolben jetzt aufwärts, so weicht das Quecksilber aus N zurück, Luft aus dem Recipienten folgt nach und kann wieder nach Wendung des Hahnes O und Herabdrückung des Kolbens entfernt werden. Ein kurzer Vergleich mit den einfachsten Hahnluftpumpen, welche mehr leisten, zeigt, daß das Quecksilber nur ein nachtheiliger, überflüssiger Zusatz ist.

Die vollkommenste Einrichtung einer Luftpumpe mit Anwendung des Quecksilbers ist von Kemp angegeben, und mit ihr will ich die Beschreibung der Luftpumpen beschließen. Fig. 231. und 232. stellen diese Luftpumpe vor und zwar erstere in der vorderen Ansicht, letztere im Durchschnitte. Gleiche Buchstaben bedeuten in beiden Figuren dasselbe. Das hölzerne Gestelle J K X W hat drei horizontale Querwände R S, C D und J W. Ganz unten befinden sich zwei Stiefel A, B der Pumpe, die von Eisen sein müssen, damit sie vom Quecksilber nicht angegriffen werden. Die Kolbenstangen V, V gehen durch alle drei Querwände und gehen oben in gezahnte Fortsetzungen über, welche es möglich machen, die Kolben mittelst eines Getriebes D und einer Kurbel zu bewegen; am obern Theil der Stiefel geht jede Stange durch eine luftdicht schließende Lederbüchse. Die oberste Querwand J W enthält den Teller für den Recipienten, und unter diesem befinden sich zwei Gefäße G und F, welche diese Luftpumpe besonders charakterisiren und

als Hilfsgefäße angesehen werden müssen. Sie mögen Verdünnungsgefäße heißen. Diese haben oben einen trichterförmigen Aufsatz mit einem Ventil, das sich von Innen nach Außen öffnet, und stehen sowohl mit dem Teller, als mit den beiden Stiefeln in Communication, und zwar auf folgende Weise: in jedem dieser Gefäße befindet sich eine Röhre, die der ganzen Länge nach durch dasselbe geht, und sich nahe am Boden desselben endet, wo sie aber mit einem Schwimmventil M versehen ist, das sich durch einen Druck von unten nach oben schließt. Diese beiden Röhren H H laufen außerhalb der Gefäße, bevor sie sich in den Teller einmünden, in eine einzige zusammen, und durch sie stehen die Gefäße mit dem Teller in Communication. Die Verbindung dieser Gefäße mit den Stiefeln ist durch die Röhren P, N und E hergestellt. P verbindet den obern Theil des Stiefels A mit dem untern des Gefäßes G, und eben so setzt N den obern Theil des Stiefels B mit dem untern des Gefäßes F in Communication. Die Röhre E (Fig. 232.) vermittelt die Verbindung des untern Theiles des Stiefels A mit dem untern des Gefäßes F, und dasselbe thut eine ähnliche in der Zeichnung nicht sichtbare Röhre mit dem untern Theile des Stiefels B und dem Gefäße G. Um nun die Wirkung dieser Pumpe einzusehen, denke man sich den Kolben R des Stiefels A ganz hinaufgezogen und den Kolben des Stiefels B am untersten Platze, so daß bei der folgenden Drehung der Kurbel ersterer Kolben herab, letzterer hinauf steigt, und setze voraus, es sei A nebst E, und der über dem Kolben befindliche Theil des Stiefels F nebst der dazu gehörigen Röhre N mit Quecksilber gefüllt, und auch die Trichter G enthalten Quecksilber. So wie der Kolben R sinkt, treibt er das Quecksilber aus A und E nach F, und dasselbe thut der steigende Kolben im Stiefel B mit dem über dem Kolben und dem in der Röhre N befindlichen Quecksilber. Dadurch hebt sich das Ventil M, schließt die Röhre H, öffnet das Ventil G und es wird aus dem Gefäße F die Luft vertrieben. Sobald R sinkt, dringt das Quecksilber aus F durch die Röhre P in den über R entstehenden leeren Raum, und es schließt sich das Ventil F. Sobald die Oberfläche des Quecksilbers unter M zu stehen kommt, sinkt das Schwimmventil M, es öffnet sich dadurch die Communication zwischen dem Gefäße F und dem Recipienten, und letzterer liefert einen Theil seines Luftinhalts nach F. Während dieses mit dem Kolben R vorgeht, erfolgt gerade das Entgegengesetzte mit dem Kolben des andern Stiefels, und es wird immer durch eines der Gefäße F und G Luft aus dem Recipienten geschöpft. — Es ist klar, daß bei dieser Einrichtung die Klappe M entweder ganz offen steht, oder luftdicht durch das Quecksilber geschlossen ist, wie es der Bau einer guten Luftpumpe fodert.

Da alle mit der Luftpumpe anzustellenden Versuche die Wirksamkeit derselben auf Luftverdünnung bestätigen, so wird hier nicht ein unpassender Ort sein, die wichtigsten und interessantesten Versuche anzuführen. Zugleich dienen diese Versuche zur augenfälligsten Darstellung der wichtigsten Eigenschaften der Luft.

Was zunächst die Schwere der Luft betrifft, so gibt uns die Luftpumpe ein Mittel an, dieselbe direct zu messen. Man bedient sich

zu diesen Versuchen einer hohlen Kugel von Metall oder Glas, welche einen beträchtlich großen Durchmesser hat und mit einer kurzen Röhre versehen ist, welche nach Abschraubung des Tellers der Luftpumpe auf die Communicationsröhre der Pumpe aufgeschraubt werden kann. Das Ende der Röhre muß daher mit einem Schraubengewinde versehen sein. Ueberdieß ist die Röhre mit einem einfach durchbohrten Hahne versehen, so daß also der innere Raum der Kugel sowohl abgeschlossen als geöffnet werden kann. Wiegt man, während der Hahn geöffnet ist, die Kugel an einer gewöhnlichen Wage, so findet man ein Gewicht P. Die Wägung geschieht hier offenbar in der Luft, einem flüssigen Körper, daher ist P nicht das wirkliche Gewicht der Metallmasse, sondern dieß Gewicht weniger dem Gewicht der Quantität Luft, welche durch die Kugelhülle aus dem Platze verdrängt worden. Jetzt schraube man die Kugel mit geöffnetem Hahne auf die Communicationsröhre der Luftpumpe und evantlire. So wird die Luft in der Kugel verdünnt. Wir wollen fürs erste annehmen, es wäre möglich die Kugel völlig luftleer zu machen. Verschließt man nun den Hahn der Kugel, schraubt sie ab und wiegt sie aufs Neue, so ergibt sich jetzt ein Gewicht = P′. Dieses Gewicht ist das Gewicht der Metallhülle, weniger dem Gewicht der von ihr aus der Stelle getriebenen Luft. Offenbar wird jetzt von der Kugel (denn in ihr befindet sich keine Luft) ein größeres Volumen Luft aus der Stelle getrieben als bei der ersten Wägung. Dort nämlich wurde nur ein Volumen Luft gleich dem der Blechhülle, jetzt ein Volumen Luft gleich dem der ganzen Kugel aus der Stelle getrieben. Offenbar muß daher P′ kleiner als P sein und zwar genau um das Gewicht eines Volumens Luft gleich dem Cubikinhalte der Kugel. Ist dieser bekannt, z. B. = 1 Cub. F. so weiß man folglich jetzt, wie viel 1 Cub. F. atmosphärischer Luft von gewöhnlicher Dichte wiege, nämlich P — P′. Gewöhnlich nimmt man an, daß bei diesem Versuche, wenn der Inhalt der Kugel = 1 Cub. F. ist, P — P′ = 1 Unze sei. Aber eine geringe Ueberlegung zeigt, daß der Versuch in angegebener Weise angestellt noch sehr roh und ungenau sei. Wir wissen, daß wie Thermometer- und Barometerstand sich ändern, demgemäß auch die Dichte der uns umgebenden Luft eine andere werde; mit der Dichte wird sich auch die Schwere ändern, und so wird bei einem genauen Versuche auf Barometer- und Thermometerstand Rücksicht zu nehmen sein. Ferner ist auch die Annahme falsch, daß die Kugel völlig von Luft befreit werden könne; und endlich wird man den Cubikinhalt der Kugel genauer als durch eine bloße Messung ihres Durchmessers zu bestimmen haben, weil nicht darauf zu rechnen ist, daß sie durchaus genau kugelförmig gearbeitet sei, und weil auch die Höhlung der Mündungsröhre der Kugel in Betracht kommt. Man kann daher genauer die Beobachtung, unter Berücksichtigung des Barometer- und Thermometerstandes, wie folgt anstellen. Man fülle die Kugel mit Wasser bis zum Hahne und wiege sie, es sei das gefundene Gewicht = p. Hierauf entleere man die Kugel vollkommen vom Wasser und wiege sie wieder, ihr Gewicht sei jetzt = P. p — P ist folglich das Gewicht des Wassers von dem Volumen der Kugel, und da wir wis-

Digitized by Google

sen wie groß das Gewicht von 1 Cub. F. Wasser ist, so haben wir, dieß Gewicht $= p'$ gesetzt, $\frac{p - P}{p'}$ als Ausdruck des Cubikinhaltes der Kugel nach Fußen. Hierbei muß auf die Temperatur des Wassers Rücksicht genommen werden, weil das Wasser bei verschiedenen Wärmegraden verschiedenes Gewicht hat. Nun exantlire man die Kugel, verschließe den Hahn und wiege sie zum drittenmal; das gefundene Gewicht sei $= P'$. Jetzt bringe man den Hahn unter Wasser und öffne ihn, so tritt durch denselben Wasser in das Innere der Kugel. Man senke die Kugel so tief ein bis das Wasser in ihr gleich hoch wie außer ihr steht. Dann hat sich die vorher den ganzen Raum der Kugel im verdünnten Zustande erfüllende Luft in den über dem Niveau des Wassers befindlichen Raum zurückgezogen und hat hier nun wieder dieselbe Dichte wie in der Atmosphäre. Den Cubikinhalt dieses Raumes bestimme man; er sei $= \frac{1}{v}$ des Cubikinhaltes der ganzen Kugel. (Diese Bestimmung geschieht übrigens durch Wägen der in die Kugel getretenen Wassermasse; ist dieses Gewicht $= P''$, und haben p' P, p die oben angegebene Bedeutung so ist der Cubikinhalt des bezeichneten Raumes $= \frac{p - P - P''}{p'}$). Es zeigt sich also, daß $P - P'$ nicht das Gewicht eines Volumens Luft vom Cubikinhalte des Innern der Kugel ist, sondern nur, wenn dieser $= C = \frac{p - P}{p'}$ ist, von einem Volumen Luft $= \frac{C}{v}$. Besonders genaue Versuche über die Schwere der Luft sind von **Biot** angestellt worden, und nach diesen Versuchen wiegt 1 par. Cub. Fuß Luft bei 28 Zoll Barometerröhre und 0° Wärme: 0,0907 franz. Pfund; oder 11 Cub. F. wiegen etwas weniger als 1 Pf.

Aus der Theorie des Barometers (s. d. Art.) wissen wir, daß eine Luftsäule von z. B. 1 Q. Zoll Durchmesser, welche bis an das Ende der Atmosphäre reicht, einer Quecksilbersäule von demselben Durchmesser und 28 Z. Höhe das Gleichgewicht hält, d. h. eben so schwer ist. Die ganze angegebene Quecksilbersäule wiegt aber 15,45 Pf., die Atmosphäre drückt also auf jeden Quadratzoll der Oberfläche eines Körpers mit einem Gewichte von 15,45 Pf. Dieses Gewicht äußert aber seine Kraft nicht, so lange ihm ein gleich starkes Gegengewicht entgegenwirkt, und dieß ist überall der Fall, wo sich Luft von der Spannkraft der atmosphärischen Luft befindet. Stellt man aber einen Recipienten auf den Teller der Luftpumpe und verdünnt die Luft in ihm, so drückt die Atmosphäre mit einem um so stärkeren Uebergewicht auf ihn, je mehr die Verdünnung zunimmt. Dieser Druck läßt sich durch Rechnung genauer bestimmen und durch Versuche in seinen Kraftäußerungen aufzeigen. Gesetzt die Barometerprobe unter dem Recipienten zeige nur noch 6 Lin. Höhe der getragenen Quecksilbersäule. Bezeichnen wir den äußern Druck der Luft mit AD, den innern Druck der Luft mit JD, so verhalten sich folglich

JD : AD wie die getragenen Quecksilbersäulen, d. h. wenn wir den gewöhnlichen Barometerstand 28 Z. = 336 Lin. annehmen

$$JD : AD = 6 : 336$$

folglich ist $JD = \frac{6\,AD}{336}$, und AD ist auf 1 Quadratzoll, wie wir wissen = 15,54 Pf. Das Uebergewicht des äußeren Druckes über den Innern ist $= AD - JD = AD - \frac{6\,AD}{336} = \frac{330}{336}\,AD = \frac{55}{56}\,AD = \frac{55}{56} \cdot 15{,}45$ Pf. $= 15\frac{1}{6}$ Pf. Auf jeden Quadratzoll eines Recipienten drückt folglich die Atmosphäre mit einem Gewichte von $15\frac{1}{6}$ Pfund wenn die Barometerprobe in ihm 6 Lin. anzeigt. Hieraus sieht man, wie Recipienten aus dünnem Glase oder von einer Form, welche nicht geeignet ist, einem sehr starken Drucke Widerstand zu leisten, beim Exantliren nothwendig zerplatzen müssen. Daher bedient man sich nur der Recipienten von dickem Glase und von gewölbter Form, weil eine solche glockenartige Form den stärksten Druck auszuhalten im Stande ist. Um die Mächtigkeit dieses Druckes darzustellen, kann man eine Menge von Versuchen machen. Eine ebene Glasplatte, unter welcher man die Luft wegpumpt, wird in viele strahlig vom Mittelpunkte auslaufende Stücke zertrümmert. Bringt man unter den Recipienten einer Luftpumpe eine luftdicht zugebundene Blase, welche nur sehr wenig Luft enthält, so daß sie sich in einen Knäuel zusammendrücken läßt, und pumpt sodann aus, so dehnt sie sich beim Exantliren aus, weil der Luft in ihr der Widerstand der umgebenden Luft immer mehr entzogen wird, bald ist sie ganz straff aufgeblasen und endlich zerplatzt sie. Auch eine gläserne Flasche von geringem Durchmesser welche fest verschlossen unter den Recipienten der Luftpumpe gesetzt wird, zerplatzt. Hat sie ein Ventil welches die Luft heraus aber nicht herein läßt, so wird sie zugleich mit dem Recipienten entleert, und, wenn man dann wieder Luft in den Recipienten läßt, zerdrückt. Eine trockne Blase welche über das offene Ende eines cylindrischen Recipienten straff gespannt ist (man zieht die Blase feucht über, spannt sie an, umbindet sie von Außen und läßt sie trocknen) biegt sich beim Extantliren des Recipienten ein und zerspringt endlich mit einem heftigen Knalle. Dieser Knall ist die Folge der schnell in den Recipienten stürzenden Luft. Man muß sich hüten im Augenblicke des Platzens die Hand über die Blase zu halten, sonst kann diese von der Luft gegen den scharfen Rand des Recipienten geschleudert und stark beschädigt werden. Wenn man statt der Blase über den Cylinder eine dünne Metallplatte deckt, so daß die Luft dicht anschließt, so wird sie durch den Druck der Luft eingebogen. Bei den Recipienten welche oberwärts nur mit einer abhebbaren starken Metallplatte bedeckt werden, liegt diese nach dem Exantliren so fest auf dem Cylinder, daß man nicht im Stande ist sie abzuheben, und um dieß zu bewerkstelligen erst wieder Luft in den Recipienten lassen muß. *) Das größte

*) Ein Versuch, wo man statt der Platte die Hand auf den Recipienten legt, ist beschrieben im Art. Atmosphäre S. 56.

Erstaunen erregte auf dem Reichstage dasjenige Experiment, welches Guerike mit den sogenannten Magdeburgschen Halbkugeln anstellte. Dieß sind zwei hohle metallene Halbkugeln mit breiten auf einander sorgfältig abgeschliffenen Rändern. Die eine Halbkugel ist mit einem Hahne versehen, welcher auf die Luftpumpe aufgeschraubt werden kann, und beide Halbkugeln haben metallene starke Handhaben. Werden die Ränder dieser Halbkugeln mit Pomade etwas bestrichen, damit sie luftdicht auf einander schließen und sodann durch den Hahn die Luft zwischen ihnen verdünnt, so werden sie durch das Uebergewicht der äußeren atmosphärischen Luft fest an einander gedrückt, daß sie nur durch die gewaltigsten an den Handhaben angebrachten Kräfte auseinander gerissen werden können. Otto von Guerike bediente sich zweier Halbkugeln von ungefähr 15 par. Zoll Durchmesser. Nach dem Auspumpen der Luft schloß er den Hahn, schraubte die nun möglichst luftleere Kugel ab und spannte an jede Handhabe 8 bis 12 Pferde. Diese wurden angetrieben um die Halbkugeln auseinander zu reißen, aber vergebens. Dagegen waren die Kugeln mit geringerer Kraftanwendung auseinander zu bringen, nachdem man den Hahn geöffnet hatte, doch hingen sie immer noch ziemlich fest an einander, welches aber nur eine Folge der Adhäsion war. Schraubt man die Kugeln aber wieder auf die Pumpe und verdichtet in ihr ein wenig die Luft, so fallen die Halbkugeln von selbst auseinander. Um genauer zu wissen, mit welcher Kraft bei dem Guerikschen Versuche die Halbkugeln an einander gepreßt wurden, wollen wir nur annehmen, die Luft sei soweit verdünnt gewesen, daß die Barometerprobe noch 1 Zoll gezeigt hätte. Dann würde (nach einer wie die oben für die Annahme von 6 Lin. anzustellenden Rechnung) der Druck der äußeren Luft auf jeden Quadratzoll der Kugelfläche etwas weniger als 15 Pfd. betragen haben. Die Kugelfläche ist (nach den Lehren der Geometrie $= 4\, r^2 \pi$, d. h. im gegenwärtigen Falle $= 4 \times 7{,}5^2 \times \pi =$ gegen 706,5 Q. Z. Der beim Auseinanderreißen zu überwindende Druck war folglich $706{,}5 \times 15 = 10597{,}5$ Pfund. Nehmen wir die mittlere Zugkraft eines Pferdes zu 736 Pfund an, so würden 24 Pferde allerdings mit einer Kraft von 17664 Pfd. reißen, müßten also die Halbkugeln aus einander bringen, wobei aber angenommen ist, daß sie völlig zugleich anziehen, welches niemals der Fall sein wird. Auf keinen Fall werden 16 Pferde die Kugel zerreißen. Wurden die Kugeln durch die Kraft der Pferde auseinander gerissen, so erfolgte dieß mit einem Knall, gleich dem einer Flinte. Werden zwei kleine Magdeburgsche Halbkugeln durch Exantliren aneinander gepreßt, dann unter einem Recipienten aufgehangen und auch dieser ausgepumpt, so fallen sie, da hier der Widerstand der äußern Luft aufhört, nachdem die äußere Luft weniger Spannkraft bekommen als die noch in den Kugeln befindliche, von selbst auseinander.

Setzt man zwei kleine Gefäße mit wohl abgeschliffenen Rändern, das eine von Glas oder Metall, das andere von Holz umgekehrt auf den Teller der Luftpumpe, und über sie einen größeren Recipienten, welcher erst exantlirt und dann wieder mit Luft erfüllt wird, so wird nach dem Abheben des Recipienten, das eine Gefäß, nämlich das von

Glas oder Metall nur mit Mühe sich vom Teller abreißen lassen, während das hölzerne Gefäß mit Leichtigkeit abgehoben werden kann. Das letztere nämlich ist so porös, daß die Luft durch dasselbe hindurch dringen kann, das andere nicht. Beim Exantliren wird nun die Luft im Innern beider Gefäße verdünnt, und läßt man dann wieder Luft unter den sie bedeckenden Recipienten, so wird von dieser das Glasgefäß angedrückt, das Holzgefäß durchdrungen. Um zu zeigen, daß es der Druck der Luft ist, welcher das Wasser beim Saugen emporhebt und die Erscheinungen des Hebers bewirkt, kann man unter einer Spindelglocke, Saugpumpen und Heberapparate in Wirksamkeit setzen. Ist die Luft bis 6''' Barometerstand ausgepumpt, so steigt das Wasser in ihr nicht ganz gegen 7'' hoch durch Saugen an, und eine Pumpe mit längerer Saugröhre und einen Heber, welcher das Wasser bis zu dieser Höhe heben soll, vermag man nicht, jene zum Ausgießen diesen zum Laufen zu bringen.

Auch die Elasticität oder Spannkraft der Luft ist zum Theil schon durch die erwähnten Versuche erläutert. Offenbar ist sie nämlich wirkend in allen den Fällen, bei welchen Luft von bestimmter Dichte in einem Gefäße sich befindet, welches in eine Atmosphäre verdünnter Luft (unter einen Recipienten) gebracht wird und hier durch die in ihm befindliche Luft von verhältnißmäßig größerer Spannung aufgetrieben, ja zerplatzt wird. Dieß war z. B. bei der zugebundenen Blase unter dem Recipienten der Fall. Man hat die Spannkraft der Luft, dergemäß sich dieselbe auszudehnen strebt, durch Druck aber zusammengepreßt werden kann, wo sie dann jederzeit einen entsprechenden Gegendruck leistet, so daß sie also je mehr verdichtet, mit desto größerer Kraft sich auszudehnen strebt — erst durch die Luftpumpe kennen gelernt. Sie ist das Princip auf welchem die Luftpumpe beruht, und daher mußte, so lange sie noch nicht als Eigenschaft der Luft genau bekannt war, die Luftpumpe wie ein Wunder vor den Augen der Zuschauer wirken. Weitere hierher gehörige Versuche sind folgende. Cartesianische Teufelchen wie gewöhnlich in eine cylindrische verschlossene Flasche gebracht und unter den Recipienten gesetzt, steigen während des Auspumpens und sinken beim Wiederzulassen der Luft. — Bringt man einen kleinen gläsernen Heronsball mit seiner Mündung unter Wasser und setzt das Wassergefäß mit ihm unter den Recipienten einer Luftpumpe, so entweicht die Luft aus ihm beim Exantliren. Beim Wiederzulassen der Luft wird durch den Druck der Luft das Wasser in ihn hineingetrieben (wie das Quecksilber in die Birnprobe), so daß man mittelst der Luftpumpe den Heronsball füllen kann. Das Wasser nimmt in ihm so viel Raum ein, als Luft von der Dichte der atmosphärischen Luft aus ihm entwichen ist. Stellt man den halb mit Wasser gefüllten Heronsball unter dem Recipienten aufrecht, so springt bei jedem exantlirenden Kolbenzuge das Wasser als ein Strahl in die verdünnte Luft auf, weil sich auch im Heronsball die Luft ausdehnt. — Aus Holz oder Kork, die man durch angehängte Bleigewichte im Wasser sinken macht, und unter den Recipienten der Luftpumpe stellt, dringen während des Auspumpens Ströme von Luft in unzählbarer Menge,

wie Dampf aus den feinen Saftgefäßen, und Blasen aus den größeren Höhlungen hervor (eben so aus allen porösen Theilen der Pflanzen: Blätter u. s. f.) und ist das daran gehängte Gewicht nicht zu groß, so heben die Luftblasen sie zur Oberfläche empor. Setzt man dieses Auspumpen längere Zeit fort, und läßt dann Luft unter den Recipienten, so wird in die Gefäße des Holzes, in denen sich vorher Luft befand, nun Wasser getrieben. Hierdurch gewinnt das Holz und der Kork so sehr an Schwere, daß sie im Wasser nicht mehr schwimmen, sondern zu Boden sinken. Man hat ein diesem Experimente ähnliches Verfahren angewendet, um Tuche beim Färben recht vollkommen durchzufärben. Legt man nämlich das Tuch in die färbende Flüssigkeit und bringt es so untergetaucht in den luftleeren Raum, so entwickelt sich alle im Tuche enthaltene Luft und nach Wiederhinzulassung der Luft in den Raum dringt die färbende Flüssigkeit in alle Zwischenräume, in welche sie ohnedieß nicht so leicht hätte gelangen können. — Wie porös und dadurch durchdringbar für die Luft nicht nur, sondern auch für minder feine Flüssigkeiten das Holz sei, kann man auch dadurch zeigen, daß man auf die obere Oeffnung eines auf dem Teller stehenden Recipienten ein Gefäß mit Wasser oder Quecksilber stellt. Schließt dieß Gefäß fest an den Rand des Recipienten, und wird exantlirt, so ergießt sich das Quecksilber oder Wasser in Gestalt eines Regens in den Recipienten. Der Druck der äußeren Luft preßt es durch das Holz.*) — Ein runzliger Apfel gibt unter dem Recipienten viel Luft her und schwillt auf. Bringt man Eis, welches Bläschen enthält, unter den Recipienten, so zerplatzen beim Auspumpen die Bläschen, ein Beweis, daß sie Luft enthalten. — Setzt man gewöhnliches Wasser in einem hohen Glase unter den Recipienten, so sieht man schon bei den ersten Kolbenzügen kleine Kügelchen, wie feine Nadelspitzen, überall im Wasser zum Vorschein kommen und emporschwimmen. Diese Kügelchen werden bei den folgenden Kolbenzügen immer größer, und man sieht deutlich, daß es Luftbläschen sind, welche beim Emporsteigen stärker anschwellen. Das Wasser gibt so beim Auspumpen eine außerordentliche Menge Luft, und es hält sie mit so vieler Kraft fest, daß es sich auf diese Weise nie ganz luftleer machen läßt, so lange man es auch auspumpt; dieß läßt sich nur durch anhaltendes Kochen bewirken. Steht das luftentleerte Wasser an der Luft, so saugt es allmählig wieder die vorige Luftmenge in sich, wie sich zeigt, wenn man die entweichende Luft in einem umgekehrt im Wasser stehenden Glase aufgefangen hat. Salzauflösungen, Milch, Blut, Urin sollen während des Auspumpens keine oder nur wenige Luftblasen geben. Liegt ein Metall im Wasser, so überzieht sich beim Auspumpen die obere Fläche desselben ganz mit Luftbläschen, die beim Zulassen der Luft augenblicklich verschwinden. Die aufsteigenden Blasen im Wasser sind übrigens nicht

*) Damit die Flüssigkeit nicht in die Communicationsröhre laufe, welche in der Mitte des Tellers mündet, wird auf diese Oeffnung eine kurze Röhre mit einer feinen Mündung geschraubt.

bloß Luft, sondern Wasserdampf, so daß in der That ein Kochen bei niedriger Temperatur stattfindet. Alles Sieden ist Verwandlung einer tropfbaren Flüssigkeit in Dampf (s. d. Art.) und daß diese Verwandlung in offenen Gefäßen erst beim Wasser eintritt, wenn es eine Temperatur von 100° C. erreicht hat, davon ist der alleinige Grund der Druck der Atmosphäre, indem dieser erst überwunden wird, wenn durch die Wärme eine diesem Drucke gleichkommende oder vielmehr ihn übersteigende Spannkraft dem sich in Dampf umwandelnden Wasser ertheilt worden. Daher kocht das Wasser auch auf Bergen, wo der Luftdruck geringer ist, bei niederern Temperaturen. — Macht man an der Spitze eines Eies ein kleines Loch, ohne das Häutchen zu verletzen, und hängt das Ei unter dem Recipienten über ein Gefäß auf, wozu man sich einer eigenen Zange bedient, so treibt die Luft, welche sich in einem gut erhaltenen Eie an dem entgegengesetzten Ende zwischen der Schale und dem Häutchen befindet, während des Auspumpens das Eiweiß und den Dotter zu der Schale heraus und beim Einlassen der Luft ziehen sich beide wieder in die Schale zurück. Nimmt man die halbe Schale fort, so soll das Häutchen so aufgeschwellt werden, daß es den ganzen Raum des Eies einnimmt.

Um nachzuweisen, daß allein der Widerstand der Luft es ist, welcher eine verschiedene Geschwindigkeit der fallenden Körper von verschiedenem specif. Gewichte bedingt, stellt man Fallversuche im luftverdünnten Raume an. Zu diesen Versuchen bedient man sich eines möglichst langen Glascylinders, welcher oben mit einer Metallplatte bedeckt ist, durch welche in einer Lederbüchse ein starker Metalldraht beweglich hindurch geht. Der Metalldraht hat unten eine kleine Querstange und auf der untern Seite des Metalldeckels zu beiden Seiten des Drahtes sind federnde viereckige Bleche angebracht, welche durch Umdrehung des Drahtes mit der an ihm befindlichen kleinen Querstange auseinander gesperrt werden können. Das eine dieser Bleche hat einen gegen das andere umgebogenen Rand; das andere ist durch ein sehr leicht bewegliches Charnier mit einem dritten viereckigen Bleche in Verbindung, welches aufgeschlagen mit seinem freien dem Charnier gegenüberstehenden Rande auf dem umgebogenen Rand des andern federnden Bleches horizontal gelegt werden kann. So wie man mittelst des Drahtes die beiden federnden Bleche auseinandersperrt, fällt augenblicklich das dritte Blech aus der horizontalen in die senkrechte Lage und etwa auf dasselbe gelegte Gegenstände werden folglich im Glascylinder herabfallen. Diesen Glascylinder mit dem beschriebenen Deckel setzt man auf den Teller einer Luftpumpe als Recipient, nimmt den Deckel ab, stellt den Querstab des Drahtes parallel dem besagten Charnier, bringt das bewegliche Blech in die horizontale Lage zwischen die beiden federnden Bleche, legt auf dasselbe zwei ungleich schwere Gegenstände z. B. eine Flaumfeder und einen Ducaten, setzt den Deckel auf den Cylinder (dessen Rand mit etwas Pomade bestrichen) und drückt ihn zu luftdichter Schließung an. Hierauf wird exantlirt bis zum größtmöglichen Grade der Verdünnung, der Draht schnell umgedreht und augenblicklich beginnen beide aufgelegte Gegenstände zu fallen und errei-

chen um so näher gleichzeitig den Teller der Luftpumpe, je weiter die Exantlirung getrieben war.

Wenn ein Körper in einem flüssigen Mittel gewogen wird, so wird er (wie auch in diesem Art. schon erwähnt wurde) in diesem Mittel um so viel erleichtert, als ein dem seinen gleiches Volumen der Substanz des Mittels wiegt. Setzt man daher an einer Wage einen specif. schweren Körper mit einem specif. leichtern ins Gleichgewicht, so wird offenbar der specif. leichtere Körper ein bei weitem größeres Volumen haben, als der mit ihm ins Gleichgewicht gebrachte, specif. schwerere, z. B. ein großes Stück Kork wird einem kleinen Stücke Gold das Gleichgewicht halten, und bringt man nun beide Körper an der Wage unter Wasser, so wird offenbar der specif. leichtere wegen seines größeren Volumens eine viel größere Erleichterung im Wasser erhalten, als der andere specif. schwerere und kleinere. An der Wage also wird das Gold herabsinken, der Kork dagegen in die Höhe gehen. Ganz dasselbe muß nun auch eintreten, wenn z. B. Gold und Kork im luftleeren Raum ins Gleichgewicht gebracht worden sind, und nachher in den lufterfüllten Raum gebracht werden, und werden Gold und Kork im lufterfüllten Raume ins Gleichgewicht gebracht, nachher in dem luftleeren Raume gewogen, so muß offenbar das Umgekehrte stattfinden, nämlich der Kork muß herabsinken, das Gold dagegen steigen. Ein Stück Gold, Blei u. s. f. also, welches im lufterfüllten Raume einem Stücke Kork das Gleichgewicht hält, zeigt sich leichter als dieß im luftverdünnten Raume. Ein Kubikzoll Blei treibt ungefähr ein Gewicht von 0,3 Gran Luft aus der Stelle, diesem Einen Kubikzoll Blei hält in der Luft eine Masse von 40 Kubikzoll Kork das Gleichgewicht. Durch diese 40 Kubikzoll Kork werden etwa 12 Gran Luft aus der Stelle getrieben; bei der Herstellung des Gleichgewichts in der Luft wird also ungefähr um 12 Gran Kork zu viel genommen werden, und diese 12 Gran geben im luftleeren Raume der Korkmasse das Uebergewicht über die Bleimasse.*)

Ueber den Widerstand der Luft läßt sich noch folgender interessanter Versuch anstellen. Man bringe an zwei verschiedene Axen Flügel, so wie Windmühlflügel an, die so gestellt werden können, daß die Flügel an der einen Axe ihre breite Seite, die Flügel an der andern Axe ihre scharfe Seite dem Widerstande der Luft darbieten. Setzt man sie nun in gleich schnelle Bewegung, so kommen diejenigen, welche ihre breite Seite der Luft entgegenstellen, viel früher als die andern zur Ruhe; im luftleeren Raume dagegen kommen beide Arten von Flügeln gleichzeitig zum Stillstehen. Um die gleich schnelle Bewegung zu bewerkstelligen, kann man an jede der beiden Axen ein kleines gezahntes Rad anbringen, in dessen Zähne die Zähne einer vertical herabgehenden Stange, die sich zwischen beiden befindet und an beiden Seiten gleiche Zähne hat, eingreift. Wird diese durch ein Gewicht herabgedrückt, dessen Einwirkung man unter der Glocke der Luftpumpe (welche eine Metall-

*) Vergl. d. Art. Manometer.

bedeckung mit hindurchgehendem Drahte hat) bis nach geschehener Exantlirung hemmen und dann augenblicklich in Thätigkeit setzen kann, so erhält man genau gleiche Drehungsbewegungen. Vorausgesetzt ist, daß sich die Flügel auf ihren Axen mit gleich geringer Reibung in den Zapfenlagern umdrehen. Auch dieß, daß die Luft es sei, welche den Schall fortpflanzt und dadurch in unser Ohr bringt, kann man mittelst der Luftpumpe darthun. Ein kleines Schlagwerk dessen Feder, nachdem sie angespannt, einen Hammer in einer Glocke zum wiederholten Anschlagen bringt, sobald man eine leicht zu lösende Hemmung aufhebt, wird unter den Recipienten der Luftpumpe gesetzt, und nach dem Auspumpen mittelst des durch den Deckel des Recipienten gehenden Drahtes zum Anschlagen gebracht; man hört dann nur einen äußerst schwachen oder gar keinen Schall. Damit sich jedoch der Schall nicht durch den Teller der Pumpe fortpflanze, werden die Füße des Gestelles des Glockenwerkes mit einer den Schall schlechtleitenden Substanz z. B. mit Baumwolle umwickelt.

Ueber Leslie's höchst interessanten Versuch, Wasser unter der Luftpumpe in Eis zu verwandeln, mittelst der bei der starken Verdunstung sich entwickelnden Kälte, s. d. Art. Eis S. 41.

Auch alle diejenigen Processe in der Natur, bei denen Sauerstoffgas verbraucht wird, müssen natürlich im luftverdünnten Raume, indem hier die geringe Quantität Sauerstoffgas (als Bestandtheil der noch übrigen Luft) bald verzehrt ist, gehemmt und endlich ganz unterbrochen werden. Daher verlischt jede Famme und glühende Kohle im luftverdünnten Raume. Stahl gibt im luftleeren Raume an einen scharfen Stein geschlagen keine sprühenden, leuchtenden und zündenden Funken, sondern höchstens ein mattes Leuchten, weil diese Funken verbrennender (d. h. mit Sauerstoffgas sich verbindender) Stahl sind. Drückt man ein Flintenschloß im ausgepumpten Recipienten der Luftpumpe los, so entzündet sich das Schießpulver auf der Pfanne nicht. Faules Holz und faule Fische hören im luftverdünnten Raume zu leuchten auf. Der Phosphor jedoch bedarf, da er auch als Dampf leuchtet, zum Leuchten so wenig Luft, daß er auch im möglichst luftentleerten Raume nicht sogleich verlischt. Mengungen von Substanzen welche aus sich zum Verbrennen das nöthige Sauerstoffgas entbinden, können sich auch im ausgepumpten Recipienten entzünden. Rauchender Salpetergeist auf Kümmelöl oder Terpentinöl gegossen, gibt eine Flamme und zersprengt häufig den Recipienten in Stücke. Läßt man im möglichst luftverdünnten Raume Schießpulver auf ein glühendes Eisen fallen, so schmilzt es und es steigt Dampf auf; einzelne Körner pflegen sich zu entzünden und dann fällt die Barometerprobe; ist das Eisen recht heiß und läßt man schnell hinter einander Pulverkörner darauf fallen, so entzünden sich endlich alle und die ganze Masse explodirt, wobei der Recipient in Gefahr ist. In starker Hitze nämlich entbindet der Salpeter Sauerstoffgas aus sich, wodurch die Verbrennung möglich wird. Alle diejenigen Thiere, welche ohne Athmen nicht längere Zeit bestehen können, also namentlich die Thiere mit rothem warmen Blute kommen im luftverdünnten Raume um. Zugleich zeigen sich an den Thieren im erhöhten Grade

auch noch alle diejenigen Zufälle, denen wohl auch Luftsegler und Reisende auf hohen Bergen ausgesetzt sind. Alle Gefäße werden aufgetrieben, das Blut tritt aus u. s. w., Alles die Folge der im Innern des Thieres sich gemäß der äußeren Luftverdünnung sich ausdehnenden Luft. Vögel verlieren schon nach wenigen Kolbenzügen das Leben, erwachen aber wieder, wenn man bald wieder Luft zuläßt. Jenes ist ein Zeichen, daß die Luft der höchsten Regionen, in welche Vögel aufsteigen, noch bei weitem nicht die Dünnheit der Luft unter dem exantlirten Recipienten der Luftpumpe hat. Insecten sterben in starkverdünnter Luft erst nach mehren Stunden, und noch später eben erst geborene Thiere. Im luftverdünnten Raume lassen sich Körper welche Feuchtigkeit enthalten (Fleisch, Früchte, Milch u. dgl.) sehr lange aufbewahren ohne zu verderben und ohne ihren Geschmack zu verlieren, weil die Feuchtigkeit, welche sie früher verderben macht, bei der Auspumpung in Dampf verwandelt und ihnen daher entzogen wird. — Die Dämpfe verdampfbarer Flüssigkeiten sind eben so unsichtbar wie die Luft, denn sobald sie als Nebel sichtbar sind, haben sie aufgehört expansibel-flüssig zu sein (s. d. Art. Dampf) in Folge eines erhöhten Druckes oder erniedrigter Temperatur. Daher zeigt sich der in dem Recipienten der Luftpumpe befindliche Wasserdampf nur erst nach dem Wiedereinlassen der Luft als ein feiner Ueberzug von Wasser an den Wänden des Recipienten wie mit einem dünnen wenig durchsichtigen Häutchen. — Auch die Wärme wird im luftleeren Raume nicht fortgeleitet, daher bleibt glühendes Eisen viel länger in ihm heiß als in der Luft. Dagegen scheint die Elektricität im luftleeren Raume in viel größeren Weiten mit sichtbarem aber sehr schwachem Lichte überzuströmen als in der Luft, nach Erman aber ist ein völlig luftleerer Raum ein Isolator der Elektricität.*) Reines trockenes Quecksilber, das in einem solchen Raume auf eine recht reine trockne Glasglocke aus einem feinen gläsernen Trichter oder durch die Poren von Holz herabregnet (durch Reibung elektrisch wird), leuchtet im Dunkeln.

Bei den Versuchen über Verdichtung der Luft muß man noch viel stärkere Recipienten als bei der Verdünnung anwenden, denn während bei dieser der von Außen angewendete Druck höchstens noch nicht völlig das Gewicht einer Atmosphäre hat, findet bei den Verdichtungsversuchen ein Druck von Innen nach Außen, der bei weitem größer ist, statt. In Glasgefäßen hat man die Verdichtung der Luft bis auf das 8fache getrieben. Dabei ist man aber in steter Gefahr, daß der Recipient zerschmettert und die Stücke mit großer Gewalt umher geworfen werden, muß sich daher im Voraus gegen einen solchen möglichen Zufall zu schützen suchen.

Um die Mächtigkeit des Druckes der verdichteten Luft zu zeigen, kann man eine Blase auf eine Röhre binden, welche sich anstatt des Tellers auf die Communicationsröhre schrauben läßt. Wird in dieser Blase die Luft immer mehr verdichtet, so zerplatzt sie endlich mit einem

*) S. d. Art. Elektricität, Funke und Leiter S. 302.

sehr heftigen Knall und die Stücke der ganz zerfetzten Blase werden weit umher geworfen. Bringt man eine mit Luft gefüllte, fest zugebundene Blase unter den Recipienten und verdichtet die sie umgebende Luft, so wird die Blase immer mehr zusammengedrückt, je weiter die Verdichtung getrieben wird. Verdünnt man die Luft im Recipienten wieder, so schwillt die Blase wieder auf. In verdichteter Luft ist der Schall stärker als in gewöhnlicher, wie man dieß durch einen Versuch nachweisen kann, analog dem über den Schall in verdünnter Luft. Thiere können in einem abgeschlossenen mit verdichteter Luft gefüllten Raume länger leben, als in einem gleich großen abgeschlossenen Raume voll atmosphärischer Luft, weil in jenem mehr Sauerstoffgas enthalten ist. Bringt man eine Wage, an der in atmosphärischer Luft ein kleines Stück Metall mit einem großen Stücke Kork ins Gleichgewicht gesetzt worden, in den luftverdichteten Raum, so sinkt das Metall und der Kork steigt. Vergl. d. Art. Condensationsmaschine.

Luftspiegelungen, von den Bewohnern der Nordseeufer **Kimmungen**, **Erhebungen**, **Seegesichte** genannt, sind höchst merkwürdige Spiegelungen von Gegenständen, welche häufig im Originale dem Beobachter nicht sichtbar sind, in der Luft. Diese Erscheinungen sind schon in älteren Zeiten häufig beobachtet worden, allein wie dieses häufig mit außerordentlichen Erscheinungen der Fall ist, sie wurden von Unwissenden zu Gegenständen des Aberglaubens gemacht, und die Naturforscher läugneten ihr Dasein, weil sie nicht Kenntnisse genug besaßen, sie zu erklären. Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen wurden die Luftspiegelungen erst nachdem bei Gelegenheit der französischen Expedition nach Egypten 1798 — 1799 das Vorkommen derselben durch das Zeugniß eines ganzen Heeres, in dem sich eine große Anzahl vorurtheilsloser und kenntnißreicher Menschen befand, außer Zweifel gesetzt worden war. Der Boden von Nieder-Aegypten ist eine ungeheure, vollkommen wagrechte Ebene, auf welcher sich nur einige mit Dörfern besetzte Anhöhen befinden, welche durch diese Lage gegen die Ueberschwemmungen des Nils geschützt sind. Abends und Morgens erscheint die Landschaft ganz so, wie sie wirklich ist, oder wie es die wirkliche Lage, Größe und Entfernung der Gegenstände mit sich bringt. Am Tage aber, wo der Boden von der Sonne erhitzt wird, scheint das Land in einer gewissen Entfernung durch eine allgemeine Ueberschwemmung begrenzt zu werden. Die über diese Grenze hinausliegenden Dörfer erscheinen wie Inseln in einem großen Meere. Unter jedem Dorfe sieht man dessen umgekehrtes Bild, ganz so wie es erscheinen würde, wenn es wirklich am Wasser läge. Nähert man sich, so rücken die Grenzen dieser scheinbaren Ueberschwemmung weiter hinaus; der das Dorf umgebende eingebildete See zieht sich zurück, verschwindet endlich ganz und die Täuschung erneuert sich für ein anderes entfernteres Dorf. Für den durstigen Wanderer in diesen afrikanischen Wüsten ist diese Täuschung in einem Augenblicke, wo er mit Sehnsucht einem Labetrunke entgegen sieht, äußerst grausam. Die Franzosen hatten, ehe sie mit der

Erscheinung vertraut wurden, häufig Gelegenheit diese bittere Erfahrung zu machen.

Genaue Beobachtungen der Kimmungen an dem oldenburgischen Ufer der Nordsee sind von **Brandes** angestellt worden. Folgendes sind seine Worte:

„Mein dortiger Wohnort lag nahe an dem großen Meerbusen der Jahde, dessen jenseitiges Ufer theils eine halbe Meile entfernt war, theils bis gegen drei Meilen von meinem Standpunkte entfernt sich jenseit des Wassers hin erstreckte. Bei dem gewöhnlichen Zustande der Luft sah man hier die Dörfer, Bäume, Kirchthürme des jenseitigen Ufers in ihrer natürlichen Gestalt, und erblickte wenig von dem was tiefer im Lande lag, weil in dem ganz ebenen flachen Lande entferntere Gegenstände hinter den nähern versteckt blieben; aber an heitern Frühlings- oder Sommer-Abenden, wenn die Luft nach einem sehr warmen Tage ganz still war, zeigten sich diese bekannten Gegenstände in einer ganz andern Gestalt. Die am Ufer liegenden Häuser schienen ganz zusammengedrückt, oft so niedrig, daß man sie nur mit Mühe erkannte, aber das ganze dahinter liegende Land mit seinen Dörfern, Häusern, Bäumen war oberhalb jener nächsten Gegenstände zu sehen, gerade als ob das Auge von einer großen Höhe auf die Ebene herabsähe, oder das ganze flache Land sich als ein Theil einer hohlen Kugel in größerer Entfernung hervor hebe, und Dörfer hinter Dörfern wurden viele Meilen weit entfernt sichtbar. Während der Beobachter sich über diesen Anblick, den man sonst nur auf Bergen genießt, freute, änderte sich die Erscheinung; man sah in manchen Gegenden über den einzelnen vorragenden Gegenständen, Häusern, Bäumen u. dgl. eine hohe Säule, eben so dunkel und eben so gefärbt wie die Gegend selbst, sich erheben; alle diese Säulen waren oben in genau gleicher Höhe abgeschnitten, und oft schienen sie oben durch einen dunkeln Streif der gleichsam einen neuen Horizont darstellte, verbunden zu sein. Diese Säulen zitterten oder waren in einer wellenartigen Bewegung und wenn man sie genauer mit dem Fernrohre betrachtete, so fand man an ihrem obern Ende das umgekehrte Bild des Gegenstandes wieder, der unter ihnen lag, oder von dem sie ausgingen, und manchmal erhob sich über jenem neuen Horizont ein zweites, aber äußerst zusammengedrücktes Bild desselben Gegenstandes. Zuweilen verschwanden jene Säulen und die Bilder des Gegenstandes schwebten getrennt von ihm in der Luft; manchmal stellte sich eine Ansicht, der vorigen ähnlich, wieder her, und oft sah man die eine Gegend durch solche oberhalb schwebende Bilder unkenntlich gemacht, während eine andere ziemlich in ihrer natürlichen Gestalt erschien, und eine dritte die weite Aussicht über unabsehbare Gefilde darbot. Gewöhnlich waren zu dieser Zeit alle Gegenstände in einer zitternden Bewegung, wodurch sie noch unkenntlicher wurden. Aber sobald sich ein frischer Wind erhob, waren alle diese Erscheinungen verschwunden; das alte wohlbekannte Ufer lag deutlich da, ohne daß eine Spur von dem zurückblieb, was noch eben so fremd und täuschend dem Auge vorgeschwebt hatte. So ungefähr habe ich diese nicht gar so häufig in rechter Vollkommenheit vorkommende Erscheinung von Eckwarden (am

oldenburgischen Ufer der Jahde) und von der Insel Neuwerk (am Ausfluß der Elbe) aus gesehen. An dem letzten Orte waren die Abende wo diese Luftgebilde sich zeigten, dadurch noch ausgezeichneter, daß man die sieben Meilen entfernte, sonst vermöge der Krümmung der Erde unsichtbare Insel Helgoland sah, und zwar nicht bloß den hohen Felsen, sondern auch die kleine wenig über die Meeresfläche erhabene niedrige Insel und das sie umgebene Meer selbst, und dieses oft mit ausgezeichneter Deutlichkeit. — Diese Phänomene, wo sehr entfernte sonst unsichtbare Gegenstände zu Gesicht kommen, und andere oberwärts ein umgekehrtes, auch wohl ein zweifaches Bild über sich haben, bemerkte man nur an schwülen, gewitterhaften Tagen und meistens nur gegen Abend; dagegen stellte sich an kühlen Sommertagen eine ganz andere Erscheinung dar. Man sah alsdann die Gegenstände jenseit des Wassers in ihrer natürlichen Gestalt, aber sie schienen oberhalb des Wasser-Horizontes in der Luft zu schweben, und wenn man sie mit dem Fernrohre genauer betrachtete, so sah man daß der Gegenstand zwar in seiner natürlichen Gestalt erschien, aber unterhalb sich wie gespiegelt zeigte, so daß ein umgekehrtes Bild des Gegenstandes seine untere Seite unmittelbar berührend, gesehen wurde. Auch die aufgehende oder untergehende Sonne bietet bei dieser Beschaffenheit der Luft, indem sie über dem Wasser-Horizonte hervorkommt, ähnliche Erscheinungen dar. Sie zeigt sich nicht am Rande des Wassers selbst, sondern oberhalb eines schmalen Luftstreifens sieht man ihren obern Rand hervorkommen; so wie sie weiter sichtbar wird, sieht man sie mit eben der Rundung unterhalb wachsen, wie sie oberhalb wächst, so daß sie nach und nach die Gestalten Fig. 233. darstellt. Sie erscheint völlig als ob sie sich abspiegelte, als ob A B die Grenze eines dichten Nebels wäre, über welche sich die Sonne nach und nach erhebt und in welchem ihr gespiegeltes Bild gesehen wird. Eine etwas genauere Betrachtung der Zeichnung, wo a das erste Aufgehen der Sonne, b, c, d, e, f die spätern Erscheinungen darstellt, wird dieses völlig klar machen, und ich brauche nur noch hinzuzusetzen, daß diese Spiegelung nur niedrige Gegenstände, oder nahe am Horizont liegende Punkte darstellt, weßhalb dann die Sonne wenn sie höher steigt, nur noch wenig (wie bei f) und endlich gar nicht mehr abgespiegelt erscheint.''

Besondere Beobachtungen über Luftspiegelung haben Biot und Matthieu bei Dünkirchen am Ufer des Meeres angestellt, auf der sandigen Ebene, welche sich vom Fuße des Ford Risban ausdehnt. Biot hat gezeigt, daß, wenn man von einem Punkte T in einiger Entfernung von dem Beobachter o ausgeht (Fig. 234.), man eine krumme Linie T C B bemerken kann, von der Art, daß alle Punkte unterhalb derselben unsichtbar bleiben, während alle Punkte oberhalb derselben, bis zu einer gewissen Höhe, zwei Bilder geben, das eine gewöhnlich und direct, das andere außergewöhnlich unterhalb und verkehrt. Auf diese Weise bietet ein Mann, welcher vom Punkte T ausgehend sich von dem Beobachter entfernt, demselben nach und nach diejenigen Erscheinungen dar, welche Fig. 234. abgebildet sind.

Zu den in unsern Gegenden am bekanntesten gewordenen Luftspie-

Digitized by Google

lungen gehört das sogenannte Brockengespenst. Oft nämlich sind von den Besteigern des Brockens Gestalten in größerer oder geringerer Entfernung wahrgenommen worden, welche entweder die Spiegelbilder ihrer eigenen Personen oder anderer im Original nicht sichtbarer Besteiger des Berges waren. Brewster hat eine höchst interessante Zusammenstellung verschiedener Erscheinungen von Luftspiegelungen gegeben, aus welcher die mannigfaltigsten Modificationen, unter denen sie auftret n, deutlich werden. Folgendes ist seine Beschreibung, in welcher er sich häufig der eigenen Worte der Beobachter bedient. Von derjenigen Erscheinung welche das Brockengespenst genannt wird, hat Haue, der sie den 23. Mai 1797 beobachtete, die beste Beschreibung geliefert. — Die Sonne ging gegen 4 Uhr auf, die Atmosphäre war heiter und in Südwest gegen Achtermannshöhe trieb ein frischer Westwind die durchsichtigen Dünste vor sich her, ehe sie sich zu dicken schweren Wolken verdichten konnten. Ein Viertel nach vier Uhr ging er nach dem Brockenhause und sah in sehr weiter Entfernung gegen Achtermannshöhe hin eine menschliche Gestalt von ungeheurer Größe. Da ein heftiger Windstoß ihm beinahe den Hut entführt hätte, so griff er schnell mit der Hand nach demselben, um es zu verhindern, und die kolossale Figur that dasselbe. Er machte sogleich eine andere Bewegung, indem er seinen Körper beugte — auch diese Handlung wurde von der gespenstischen Gestalt wiederholt. Die Gestalt verschwand darauf und kehrte nach einigen Minuten wieder. Er rief hierauf den Wirth des Wirthshauses und nachdem sich beide auf die Stelle, welche vorher Haue inne hatte, begaben, sahen sie anfänglich nichts. Nach kurzem Verweilen erschienen jedoch zwei kolossale Gestalten über jener Anhöhe, und sich beugend und die Geberden der zwei Zuschauer nachahmend, verschwanden sie nach einiger Zeit. Bald darauf erschienen die beiden gigantischen Gestalten abermals, zu denen sich eine dritte gesellte. Jede Bewegung, welche sie machten, wurde von den drei Figuren nachgeahmt, jedoch fanden Unterschiede in der Deutlichkeit der Figuren statt, indem sie zuweilen schwach und unbestimmt, dann wieder stärker und deutlicher schienen. — Eine der interessantesten Nachrichten hat James Clarke mitgetheilt. Die Genauigkeit der Beschreibung bestätigen zwei Personen, von welchen die Erscheinung zuerst wahrgenommen wurde. An einem Sommerabende des Jahres 1743, als Daniel Stricket, Bedienter des John Wren von Wilton Hall, mit seinem Herrn vor der Thür saß, sahen sie einen Mann mit einem Hunde, welcher längs der Gegend von Souterfell einige Pferde verfolgte. Der Ort ist so ungemein steil, daß ein Pferd schwerlich auf diesem Wege fortkommen kann. Die Gestalten setzten ihren Lauf mit überraschender Schnelligkeit fort, bis sie an dem unteren Ende der Berganhöhe dem Gesichte entschwanden. Am andern Morgen bestiegen Stricket und sein Herr die steile Seite des Gebirges, in voller Erwartung den Mann todt zu finden. Sie fanden aber weder Spuren von Menschen noch von Pferden; auch vermochten sie nicht auf dem Grase auch nur einen einzigen Eindruck eines Pferdehufes zu entdecken. — Im folgenden Jahre am 23. Juni 1744 ging Daniel Stricket, der damals Bedienter bei Herrn Lancaster von

Blakehills war (einem Orte in der Nähe von Wilton Hall, welche beide nur ungefähr eine halbe (englische) Meile von Souterfell entfernt sind), gegen 7 Uhr Abends um das Haus spatzieren und erblickte eine Schaar Reiter, die in gut geschlossenen Reihen und mit raschem Schritte längs der Seite von Souterfell hinritten. Da er sich erinnerte, daß man ihn das Jahr vorher seiner Erzählung wegen lächerlich gemacht hatte, so betrachtete er einige Zeit lang die Gestalten schweigend. Da er sich jedoch überzeugte, daß hiebei keine Täuschung stattfinden könne, so ging er in das Haus und sagte seinem Herrn: er wolle ihm etwas Merkwürdiges zeigen. Sie gingen mit einander aus dem Hause; doch bevor noch Stricket seinem Herrn den Ort gezeigt hatte, sah dieser bereits die Luftgestalten. Die Reiter schienen von dem niedrigsten Theile von Souterfell herzukommen, und wurden bei einem Orte Namens Knott sichtbar. Sie ritten hierauf in geregelten Reihen längs der Berganhöhe hin, bis sie nach der entgegengesetzten Seite von Blakehills gelangten, und indem sie, eine Art krummer Linie beschreibend, so den Weg über das Gebirge zurücklegten. Die Geschwindigkeit mit welcher die Gestalten sich bewegten, war ein regelmäßiger schneller Gang, und sie blieben ungefähr 2 Stunden lang ununterbrochen sichtbar; der Eintritt der Dunkelheit allein machte sie unsichtbar. Man sah mehre Haufen auf einander folgen; gewöhnlich verließ der vorletzte seine Stellung, galoppirte nach der Fronte zu, und nahm dann die Geschwindigkeit der übrigen an. Die Veränderungen der Gestalten wurden von allen Zuschauern auf gleiche Art wahrgenommen. Nicht bloß auf dem Meierhofe zu Blakehills wurden diese Erscheinungen gesehen, sondern von jeder Person in jeder Hütte in der Entfernung von einer Meile. Die Anzahl der Personen welche Zeugen des Erzählten waren, betrug ungefähr sechs und zwanzig. — Die sonderbare Luftspiegelung, unter dem Namen Fata Morgana (Fee Morgane) bekannt, wird häufig an der Meerenge von Messina, zwischen Sicilien und der italienischen Küste, beobachtet. So wie sie stattfindet, eilt das Volk voll Jubel, als wenn es nicht bloß ein angenehmes sondern ein Glück verkündendes Ereigniß wäre, dem Ufer zu, rufend: Morgana! Morgana! Wenn die Strahlen der Sonne einen Winkel von 45° mit der See bei Reggio machen, und wenn die Oberfläche derselben weder vom Winde noch vom Strome bewegt wird, sondern vollkommen glatt ist, so bemerkt ein Zuschauer, der auf einer Anhöhe in der Stadt steht, sein Gesicht gegen die See gekehrt und die Sonne im Rücken habend, auf der Oberfläche des Wassers schöne Palläste mit ihren Balkonen und Fenstern, hohe Thürme, Hornvieh und Schafe grasend in waldigen Thälern und fruchtbaren Ebenen, Armeen von Soldaten zu Pferde und zu Fuß, mit vielfachen Trümmern von Gebäuden, als Säulen, Pfeilern und Bögen. Diese Gegenstände gleiten während der kurzen Zeit daß sie sichtbar sind, schnell über die Oberfläche des Wassers hin. Die mannigfaltigen hier aufgezählten Gegenstände sind Gemälde von Pallästen und Gebäuden, die sich wirklich am Ufer befinden, und lebende Objecte werden demzufolge nur dann gesehen, wenn sie einen Theil der allgemeinen Landschaft bilden. — Wenn zu der Zeit, daß diese Phä-

nomene sichtbar sind, die Atmosphäre mit dicken Ausdünstungen oder mit Nebel angefüllt ist, so werden diese Objecte, welche sich auf dem Wasser abmalen, auch in der Luft gesehen werden, wo sie einen Raum einnehmen, der von der Wasserfläche sich bis auf eine Höhe von fünf und zwanzig Fuß erstreckt. Die Umrisse dieser Bilder sind jedoch weniger bestimmt, als die vorhergehenden. — Befindet sich die Luft in einem solchen Zustande, daß sich Thau aus derselben niederschlägt, und sich in derselben der Regenbogen bilden kann, so werden die Gegenstände nur auf der Oberfläche der See gesehen; sie erscheinen aber dann mit Einfassungen von rothem, gelbem und blauem Lichte, als wenn sie durch ein Prisma gesehen würden. — In England wurden noch weit außerordentlichere Erscheinungen wahrgenommen. Von Hastings, an der Küste von Sussex, sind die Klippen an der französischen Küste funfzig (englische) Meilen entfernt, und werden wirklich von der Krümmung der Erde verborgen d. h. eine gerade Linie, von Hastings nach der französischen Küste gezogen, würde durch die See gehen. Den 26. Juli 1798 gegen fünf Uhr Nachmittags, sah Latham zu Hastings eine große Menschenmenge nach dem Meeresufer eilen. Auf seine Erkundigung nach der Ursache hievon wurde ihm geantwortet: man könne die französische Küste mit bloßen Augen sehen, und er begab sich sogleich dahin. Er sah deutlich die Klippen sich einige Meilen längs der französischen Küste ausdehnen und sie erschienen so, als wenn sie nur wenige Meilen entfernt wären. Nach und nach schienen sie sich mehr zu erheben und dem Auge näher zu treten. Die Matrosen welche mit Latham längs dem Saume des Wassers einhergingen, waren anfänglich unwillig die Realität dieser Erscheinung einzuräumen, wurden jedoch sehr bald davon durchgängig überzeugt, so daß sie ihm die Orte nannten, die von ihnen pflegten besucht zu werden, und die ihnen so nahe schienen, als wenn sie aus einer kleinen Entfernung nach dem Hafen segelten. Diese Erscheinungen dauerten etwa eine Stunde, die Klippen schienen zuweilen glänzender und näher, zu anderen Zeiten schwächer erleuchtet und entfernter zu sein. Latham bestieg hierauf die östliche Klippe, welche eine bedeutende Höhe hat, wo sich seinem Auge ein ungemein schöner Anblick darbot. Er sah zu gleicher Zeit Dungeneß, Dover Cliffs und die ganze Länge der französischen Küste von Calais, Boulogne u. s. w. bis St. Vallery und, wie einige Fischer behaupteten, bis Dieppe. Mit Hilfe eines Fernrohrs sah man deutlich die französischen Fischerböte vor Anker liegen, auch unterschied man die verschiedenen Farben des Landes auf den Höhen so wie die Gebäude. Latham bemerkt ferner, daß die Landzunge Dungeneß, welche sich nahe zwei (englische) Meilen in die See erstreckt, und ungefähr sechszehn Meilen in gerader Linie von Hastings entfernt ist, ganz nahe erschien; die Fischerböte, welche zwischen beiden Orten fuhren, schienen gleichfalls nahe und waren ungemein vergrößert. Diese merkwürdigen Erscheinungen zeigten sich „im höchsten Glanze" bis nach acht Uhr, ungeachtet eine dunkele Wolke einige Zeit lang die Sonne ganz verfinsterte. — Eine nicht weniger merkwürdige Erscheinung wurde vom Professor Vince von Cambridge und einem anderen Herrn am

6. August 1806 zu Ramsgate beobachtet. Die Spitzen vwxy (Fig. 235.) der vier Thürme von Dover Castle werden gewöhnlich über den Hügel AB, der zwischen Ramsgate und Dover liegt, hervorragend erblickt. An dem genannten Tage um sieben Uhr Abends, bei völlig stiller etwas dunstiger Luft, wurden nicht allein die Spitzen vwxy der vier Thürme von Dover Castle über den anliegenden Hügel AB gesehen, sondern das ganze Gebäude mnvs erschien als diesseits des Hügels, nach Ramsgate zu liegend und eben so hoch als gewöhnlich, über dem Hügel hervorragend. Diese Erscheinung war so sonderbar und unerwartet, daß Vince sie anfänglich für eine Täuschung hielt; da er jedoch seine Beobachtung fortsetzte, überzeugte er sich, daß es das wahre Bild von Dover Castle sei. Er fuhr fort, es zwanzig Minuten lang zu beobachten, während welcher Zeit das Ansehen genau dasselbe blieb; da jedoch Regen eintrat, so mußten die Beobachtungen eingestellt werden. Zwischen den Beobachtern und dem Lande, von welchem der Hügel sich erhebt, liegen ungefähr sechs Meilen See, und von da bis zu dem Gipfel des Hügels ist es fast eben so weit. Die Höhe desselben über die Wasserfläche betrug ungefähr siebenzig Fuß. — Diese Täuschung gewann ungemein durch den Umstand, daß der Hügel selbst nicht durch das Bild erschien, wie man hätte erwarten sollen. Das Bild von Dover Castle war sehr deutlich mit bestimmten Umrissen, und ungeachtet die Strahlen des hinter demselben liegenden Hügels unfehlbar in das Auge gelangten, so verdunkelte doch die Stärke des Bildes vom Schlosse den Hintergrund so sehr, daß dieser keinen bemerkbaren Eindruck auf die Beobachter machte. Ihre Aufmerksamkeit war demnach vorzüglich auf das Bild des Schlosses gerichtet, doch glaubte Vince, daß, wenn der hinter demselben liegende Hügel überhaupt sichtbar gewesen wäre, er unmöglich ihrer Beobachtung hätte entgehen können, da sie dieselbe eine geraume Zeit mit einem guten Fernrohre fortsetzten. — Die bisher betrachteten Luftbilder wurden in aufrechter oder natürlicher Stellung gesehen, entweder gegen den Boden projicirt, oder in der Luft schwebend. Es sind jedoch Fälle vorgekommen, in welchen beides, aufrechte und verkehrte Bilder, in der Luft gesehen wurden. Zuweilen waren sie einzeln, zuweilen verbunden, zuweilen sah man das Bild, während der wirkliche Gegenstand unsichtbar war, zuweilen wenn ein Theil desselben eben begann sich dem Zuschauer zu zeigen. — Im Jahre 1793 sah Hudart während seines Aufenthalts zu Allonby in Cumberland, das umgekehrte Bild eines Schiffes unter dem Bilde desselben, wie dieß Fig. 236. zeigt. Vince, welcher in der Folge diese Erscheinung in einer großen Menge von Fällen beobachtete, fand, daß das Schiff, welches hier als das wirkliche betrachtet wurde, nur ein aufrechtes Bild des wirklichen Schiffes war, welches zu der Zeit sich ganz unter dem Horizonte befand und nicht gesehen werden konnte. — Im August 1798 beobachtete Vince eine große Menge solcher Luftbilder von Schiffen, die sich dem Horizonte näherten. Zuweilen wurde nur ein umgekehrtes Bild über dem wirklichen Schiffe gesehen, und dieß war in der Regel der Fall, wenn das wirkliche Schiff völlig im Gesichte war. Allein wenn das Marssegel des

wirklichen Schiffes sich über dem Horizonte zu zeigen begann, wie A Fig. 237., so erblickte man zwei Luftbilder desselben: ein umgekehrtes in B, das andere in seiner natürlichen Lage in C. In diesem Falle war die See zwischen dem aufrechten und verkehrten Bilde deutlich sichtbar; allein in andern Fällen berührte der Schiffrumpf des einen Bildes unmittelbar den des anderen. — Aehnliche Erscheinungen beobachtete Scoresby, als er auf dem Schiffe Baffin das Eismeer ganz in der Nähe von West-Grönland beschiffte. Am 28. Juni 1820 sah er ungefähr achtzehn Segel von Schiffen in der Entfernung von zehn bis funfzehn Meilen. Die Sonne hatte den ganzen Tag über, ohne daß eine Wolke sie trübte, geschienen, und ihre Strahlen waren besonders kräftig. Die Intensität ihres Lichtes verursachte ein schmerzhaftes Gefühl in den Augen, während ihre Wärme den Theer im Tauwerk erweichte und den Schnee auf dem umgebenden Eise schmolz. Es war kaum ein leiser Windhauch bemerkbar, die See war glatt wie ein Spiegel. Das umgebende Eis war zusammengehäuft und zeigte jede Abstufung, von dem kleinsten Haufen bis zu den größten Tafeln. Gegen sechs Uhr Abends erhob sich ein leichter Nordwest; ein dünner Stratus oder Nebelstreif, anfänglich stark von der Sonne erleuchtet, erschien in derselben Gegend und stieg nach und nach bis zur Höhe von ungefähr einem Viertheil Grad. Um diese Zeit fingen die in der Entfernung von zehn bis funfzehn Meilen segelnden Schiffe an, ihre Gestalt und Größe zu verändern. Mit dem Fernrohre von der Spitze des Mastes untersucht, boten einige die auffallendsten Erscheinungen dar, die sich fast mit jedem Strich des Compaß veränderten. Ein Schiff hatte ein vollkommenes Bild so deutlich und dunkel gefärbt, wie das Original und war mit der Spitze des Mastes von letzterem in umgekehrter Lage verbunden. Zwei andere gaben zwei umgekehrte Luftbilder; das eine ähnelte dem Original vollkommen, dem andern fehlte der Rumpf. Zwei bis drei andere waren wunderlich verdreht, ihre Masten schienen wenigstens zweimal höher als sie wirklich waren, und der Hauptmast hatte die Hälfte der ganzen Erhöhung. Andere Schiffe unterschieden sich von allen vorhergehenden in ihrem Ansehen, indem sie statt verlängert, zusammengedrückt erschienen. Ihre Masten schienen kaum die Hälfte ihrer wirklichen Höhe zu haben, so daß man glaubte, voraussetzen zu müssen, sie neigten sich bedeutend nach einer Seite. Zugleich mit den Bildern der Schiffe zeigte sich ebenfalls ein Reflex des Eises in der Luft, der zuweilen zwei Strata bildete. Diese Zurückstrahlungen erregten die Vorstellung von aus Alabaster-Säulen gebildeten Klippen. — Am 15., 16. und 17. desselben Monats bemerkte Scoresby ähnliche Erscheinungen. Zuweilen dehnten sie sich stetig längs des halben Umkreises des Horizontes aus, zu anderen Zeiten erschienen sie nur in einzelnen Gruppen in verschiedenen Gegenden desselben. Die verkehrten Bilder entfernter Schiffe wurden oft in der Luft gesehen, während die Schiffe selbst weit außer dem Bereiche des Sehens waren. Einige Schiffe erschienen um das Doppelte vergrößert, während andere fast zu einer Linie zusammengeschrumpft waren. Klumpen Eis wurden überraschend vergrößert, und jeder hervorragende Gegenstand in erforder-

licher Lage wurde entweder vergrößert oder verunstaltet. — Von allen von Scoresby beobachteten Erscheinungen ist die des bezauberten Schlosses — denn wohl kann man diesen Namen brauchen — die merkwürdigste. Dieses sonderbare Phänomen wurde am 18. Juli gesehen; der Himmel war klar, während ein zitternder vollkommen durchsichtiger Dunst besonders bemerklich und häufig war. Um neun Uhr des Morgens wo das Phänomen zuerst gesehen wurde, stand das Thermometer auf 42° F.; allein den Abend vorher muß sein Stand weit niedriger gewesen sein, indem die See an mehren Stellen mit einem beträchtlich dicken Häutchen von neuem Eise bedeckt war, — ein Umstand der während des wärmsten Theiles des Jahres als ganz außerordentlich zu betrachten ist, besonders wenn man weiß, daß 10° weiter nach Norden noch nie ein Gefrieren der See um diese Jahreszeit beobachtet worden ist. Da Scoresby bei dieser Gelegenheit sich dem noch nicht erforschten Ufer von Grönland so sehr genähert hatte, daß das Land deutlich und bestimmt hervortrat, so war er bemüht, eine Zeichnung davon zu entwerfen. Mit der Ausführung dieses Vorsatzes beschäftigt, fand er, daß die Umrisse sich beständig veränderten. Er wurde demzufolge veranlaßt, die Küste mit einem Fernrohre zu untersuchen, und einen Entwurf der verschiedenen Ansichten, die sich ihm darboten, anzufertigen. Die Beschreibung geben wir mit Scoresby's eigenen Worten: „Der Anblick welcher durch das Fernrohr von der Küste erhalten wurde, stellte die Ansicht einer alten Stadt von bedeutendem Umfange, mit häufigen Ruinen von Pallästen, Obelisken, Kirchen und Denkmälern dar, mit andern großen, ansehnlichen Gebäuden. Auf einigen der Hügel schienen Thürme, Mauerzinnen, Spitzsäulen u. s. w. zu stehen; während andere bei denen eine einfache oder doppelte Zurückstrahlung stattfand, große Felsmassen vorstellten, scheinbar in der Luft schwebend, und bedeutend über die wirkliche Erhöhung der Gebirge, auf die sie sich bezogen, erhaben. Die ganze Erscheinung war eine große Phantasmagorie. Kaum war es möglich, den Entwurf eines besonderen Theiles zu vollenden, bevor er sein Aussehen veränderte und die Gestalt eines ganz verschiedenen Gegenstandes annahm. Er war vielleicht abwechselnd ein Schloß, eine Kathedrale, oder ein Obelisk; dann dehnte er sich horizontal aus, floß mit den angrenzenden Hügeln zusammen, vereinigte die dazwischen liegenden Thäler, obgleich mehre Meilen breit, durch eine Brücke von einem einzigen Bogen, von dem köstlichsten Ansehen und der größten Ausdehnung. Dieser wiederholten Veränderungen ungeachtet hatte alles in dem Gemälde sich darstellende die völlige Deutlichkeit und Bestimmtheit wirklicher Gegenstände. Nicht allein die verschiedenen Schichten, sondern sogar die Adern der Felsen mit den Anhäufungen von Schnee in den Schluchten und Spalten, bildeten scharfe, deutliche Begrenzungen und boten jeden Anschein der größten Festigkeit dar.“ — Eins der merkwürdigsten Luftbilder beobachtete Scoresby auf einer späteren Reise an den Küsten Grönlands im Jahre 1822. Nachdem er ein verkehrtes Bild eines Schiffes gesehen hatte, richtete er das Fernrohr auf dasselbe. Er erkannte das Schiff seines Vaters, was sich damals unter dem Horizonte befand. „Es war,“ erzählt er, „so deut-

lich, daß ich durch das Fernrohr jeden Nagel zu erkennen vermochte, so wie die allgemeine Takelage des Schiffes und ihren besondern Charakter; ich sprach es daher mit aller Zuversicht aus, es sei meines Vaters Schiff, die Fama, was sich auch in der Folge bewährte, obgleich, als ich nachher unsere beiderseitigen Schiffsbücher mit einander verglich, sich für jene Zeit eine Entfernung von ungefähr dreißig Meilen ergab, welches siebenzehn Meilen jenseit des Horizontes und einige Meilen mehr als die Sehweite bei gerade fortgehendem Lichte beträgt. Diese eigenthümliche Erscheinung wirkte so lebhaft auf mich, daß ich sie dem wachthabenden Officier mittheilte, und es als meine volle Ueberzeugung aussprach, daß die Fama in der benachbarten Einfahrt kreuze." — Während seiner Reise in Südamerika hatte v. Humboldt Gelegenheit, mehre merkwürdige Wirkungen der Luftspiegelung zu beobachten. Bei seinem Aufenthalte in Cumana sah er häufig die Inseln Picuita und Boracha in der Luft schweben; zuweilen war das Bild verkehrt. Das eine Mal sah er kleine Fischerkähne länger als drei bis vier Minuten in der Luft über dem wohlbegrenzten Horizonte der See schwimmen. Wurden sie durch ein Fernrohr betrachtet, so bemerkte er bei dem einen Bote ein verkehrtes Bild, welches dasselbe bei allen Bewegungen begleitete. Aehnliche Erscheinungen wurden von diesem Naturforscher in den öden Steppen von Carracas und an den Ufern des Orinoco, wo der Fluß von Sandebenen umgeben ist, bemerkt. Kleine Hügel und Hügelketten erschienen schwebend in der Luft, wenn sie von den Steppen aus in der Entfernung von drei bis vier Meilen gesehen wurden. Einzeln stehende Palmbäume in den Ebenen (Llanós) erschienen am Boden abgeschnitten, als wenn eine Luftschichte sie vom Boden trennte und, wie in der afrikanischen Wüste, schienen von Vegetation entblößte Gegenden Ströme oder Seen zu sein. In der Mesa de Pavona sahen Humboldt und Bonpland in einer Entfernung von 6000 Fuß, Kühe in der Luft schweben, deren Füße 3′20″ über den Boden erhoben waren. In diesem Falle waren die Bilder aufrecht; allein die Reisenden erfuhren aus sicherer Quelle, daß man in der Gegend von Calabozo verkehrte Bilder von Pferden in der Luft schwebend gesehen habe. — Bei allen diesen Luftbildern befanden sich die Bilder gerade über den wirklichen Gegenständen; allein am 17. September 1818 bemerkten Jurine und Soret den merkwürdigen Fall, daß sich das Bild eines Schiffes auf einer Seite des wirklichen Objectes befand. Gegen 10 Uhr Morgens sah man in der Entfernung von ungefähr 24000 Fuß von Bellerive auf dem Genfer See eine Barke von dem linken Ufer des Sees sich Genf nähern; zu gleicher Zeit bemerkte man ein Bild der Segel über dem Wasser, welches, statt der Richtung der Barke zu folgen, sich von dieser trennte, und sich von dem rechten Ufer her Genf zu nähern schien. Das Bild bewegte sich von Osten gegen Westen, die Barke von Norden nach Süden. Als sich das Bild zuerst von der Barke trennte, so hatten beide eine gleiche Größe, das Bild wurde jedoch kleiner, so wie es sich davon entfernte, und hatte bis auf die Hälfte abgenommen, als es verschwand. — Eine ungewöhnliche Erscheinung eines Luftbildes bemerkte Buchan, als er am Mor-

gen des 28. Novembers 1804 östlich von Brighton spatzieren ging. „Den Aufgang der Sonne beobachtend," sagte er, „wandte ich meine Augen gerade der See zu, eben als die Sonnenscheibe der Oberfläche des Wassers entstieg, wo ich dann den Vordertheil der Klippe, auf welcher ich stand, mir genau gegenüber in einiger Entfernung in der See dargestellt erblickte. Ich lenkte die Aufmerksamkeit meines Gefährten auf diese Erscheinung, wir bemerkten unsere Gestalten auf dem Gipfel der im Bilde dargestellten, uns entgegenstehenden Klippe, so wie die Darstellung einer Windmühle, die sich in der Nähe befand. — Die zurückgestrahlten Bilder waren an den Stellen, die denen, worauf wir standen, genau entgegengesetzt waren, am deutlichsten, und die falsche Klippe schien zu verblassen und sich in dem Verhältnisse der wirklichen mehr zu nähern, so wie sie nach Westen zu wich. Diese Erscheinung dauerte etwa zehn Minuten, oder bis die Sonne sich um die Länge ihres Durchmessers über die Oberfläche der See erhoben hatte. Das ganze schien jetzt sich in die Luft zu erheben und verschwand nach und nach. Der Eindruck, welcher dadurch hervorgebracht wurde, war dem ähnlich, wenn im Schauspiel eine Regen-Dekoration in die Höhe gezogen wird. Der Horizont war wolkig, oder richtiger: die Oberfläche der See war von einem dicken, mehre Ellen hohen Nebel bedeckt, welcher nach und nach vor den Strahlen der Sonne wich." — Eine von der erzählten verschiedene, jedoch nicht weniger interessante Täuschung wird von Hughes in seinen Reisen durch Griechenland, als von dem Gipfel des Aetna gesehen, beschrieben. „Ich darf nicht vergessen," sagt er, „eine außerordentliche Erscheinung zu berichten, welche wir beobachteten, und für die ich vergeblich eine genügende Erklärung suchte. An dem äußersten Ende des ungeheuren Schattens, welchen der Aetna über die Insel wirft, erschien ein vollkommen deutliches, vollständiges Bild des Berges selbst, über den Horizont erhaben, allein verkleinert, wie in einem Hohlspiegel gesehen. Welches der zurückstrahlende Körper sei, der dieses Bild machte, war unerklärlich. Eine Täuschung in Hinsicht dessen, was gesehen wurde, konnte nicht stattfinden, denn jedes Mitglied der Gesellschaft bemerkte dasselbe, und wir waren auch von unsern Freunden in Catanea darauf vorbereitet worden. Die Erscheinung war ungefähr zehn Minuten sichtbar und verschwand, so wie die Schatten abnahmen. Jones sowohl wie einige andere Freunde, mit denen ich mich über diesen Gegenstand in England unterhielt, bemerkten dasselbe Phänomen."

Die Ursache der merkwürdigen Erscheinung läßt sich im Allgemeinen in folgender Art darstellen. Gesetzt ABCD (Fig. 238.) sei eine gläserne mit Wasser gefüllte Wanne und bei S befindet sich ein kleines Schiff. Ein Auge in E wird den Mast des Schiffes S gerade durch die Glasplatte BD erblicken. Jetzt setze man eine convexe Glaslinse a von kurzer Brennweite auf die Glastafel BD, die etwas weniger höher stehen muß als die gerade Linie, welche das Schiff S und das Auge verbindet, und unmittelbar über die convexe Linse a setze man ein concaves Glas b. Durch die convexe Linse a erblickt das Auge ein umgekehrtes Bild des Schiffes bei S', und durch die concave ein aufrecht-

stehendes Bild bei S''.*) In der Natur kommt nun zwar weder ein mit Wasser gefüllter Glaskasten ABCD, noch kommen eine Convex- und eine Concavlinse vor, durch welche die Luftspiegelungen hervorgebracht werden; an die Stelle der Linsen treten aber hier ungleich erwärmte und in Folge dessen ungleich dichte Luftschichten. Füllt man eine zinnerne an beiden Enden mit Glasplatten geschlossene Röhre mit Wasser, und kühlt die äußere Seite mit Eis ab, so wirkt sie, sobald die Wirkung des Erkaltens bis zur Achse gedrungen ist, wie eine concave Linse; wird dagegen dieselbe mit Wasser angefüllte Röhre auf der äußeren Seite erwärmt, so wirkt sie als eine Convexlinse. Im ersten Falle nimmt die Dichte des Wassers gegen die Mitte ab, im zweiten nimmt sie gegen dieselbe zu. Ganz dieselben Wirkungen erfolgen in der Luft, nur bedarf es einer größeren Strecke derselben, wenn die durch das ungleiche Erwärmen und Abkühlen derselben entstehenden Wirkungen bemerkbar sein sollen. — Entfernt man jetzt die Gläser a und b und hält man ein glühendes Eisen über das in der Wanne ABC befindliche Wasser, so wird die Wärme nach und nach herabsteigen, und die obere Fläche der Flüssigkeit ausdehnen, d. h. dünner machen. Ist die Hitze bis auf eine kleine Entfernung vom Boden eingedrungen und man sieht nach dem Schiffe S in der Richtung ES', so wird man ein umgekehrtes Bild desselben in S' und ein aufrechtes in S'' erblicken. Der Versuch gelingt besser, wenn Oel statt Wasser angewendet wird, und dieselben Erscheinungen lassen sich ohne Wärme hervorbringen, wenn klarer Syrup in die Glaswanne bis auf $\frac{1}{3}$ der Höhe derselben gegossen und dann der übrige Raum mit Wasser angefüllt wird. Der Syrup verbindet sich nach und nach mit dem Wasser und bildet, wie Wollaston gezeigt hat, eine stufenweise regelmäßig sich verändernde Dichte, die von der des Syrups bis zu der des reinen Wassers abnimmt. Aehnliche Wirkungen können hervorgebracht werden, wenn man Massen durchsichtiger Körper, wie Glas, Steinsalz u. s. w. anwendet. Wie hier durch Kunst, so kommen auch in der Natur Veränderungen der Dichte in den übereinander lagernden Luftschichten vor, welche dann die Luftspiegelungen veranlassen. Ist bei hellem Wetter die Oberfläche des Meeres weit kälter als die atmosphärische Luft, (welches häufig vorkommt und namentlich zur Zeit der von Scoresby beobachteten Erscheinungen der Fall war), so wird die zunächst der See befindliche Luft nach und nach immer kälter werden, indem sie ihre Wärme an das Wasser abgibt, und die unmittelbar darüber liegende Luftschicht wird ihre Wärme der kühleren, zunächst unter ihr liegenden mittheilen, so daß die Luft von der Oberfläche der See an bis auf eine bedeutende Höhe aufwärts nach und nach an Dichte abnehmen, mithin die Erscheinungen erzeugen wird, welche beschrieben wurden. — Die Erscheinung von Dover Castle, welche man auf der nach Ramsgate zu liegenden Seite des Hügels erblickte, wurde durch die am Boden und über der See dichtere Luft als in größeren Höhen erzeugt.

---

*) S. d. Art. Linsenglas.

Eine Folge hiervon war, daß die von dem Gebäude ausgehenden Strahlen das Auge in krummen Linien erreichen mußten. Die Ursache, daß dasselbe seine natürliche Lage auf dem Hügel beibehielt und nicht in der Luft gesehen wurde, hatte seinen Grund darin, daß der Gipfel des Hügels selbst, weil er dem Gebäude so nahe war, dieselben Veränderungen von der abwechselnden Dichte der Luft erfuhr; mithin war das Castel und der Hügel gleich erhaben und behielten ihre relative Lage. Der Grund, daß die Bilder des Castels und des Hügels aufrecht erschienen, liegt darin, daß die Strahlen von der Spitze und dem Fuße des Castels sich als sie Ramsgate erreichten, noch nicht gekreuzt hatten. Ein von dem Gebäude weiter entferntes und in dem Wege der Strahlen liegendes Auge würde das Bild verkehrt gesehen haben. — Die Fig. 239. wird dieses deutlich machen. Sie stellt den wirklichen Fortgang der Strahlen von einem Schiffe SP vor, welches durch die Krümmung der Erde PQE dem Beobachter in E verborgen wird. Ein von dem Kiel des Schiffes P ausgehender Lichtstrahl erhält die Beugung nach der krummen Linie PexcE, und ein von der höchsten Spitze des Mastes S ausgehender Lichtstrahl wird durch die Brechung in die Richtung SdxdE gebracht. Beide Strahlen kreuzen sich in x und gelangen in das Auge in E so, daß der vom Kiel P herkommende der oberste ist; das Schiff muß demnach in der verkehrten Lage sp erscheinen. Wäre der Stand des Auges dem Schiffe näher gewesen, wie in x, ehe die Strahlen sich kreuzten, wie dieß der Fall bei Ramsgate war, so würde ein aufrechtes Bild des Schiffes etwas über das wirkliche Schiff SP erhoben, gesehen worden sein. Strahlen Sm, Sn, die höhere Punkte der Atmosphäre treffen, werden in den Richtungen SmmE, SnnE gebrochen, kreuzen sich jedoch nicht vor dem Auge; sie geben demnach das aufrechte Bild des Schiffes, welches s′p′ darstellt. — Das Bild der Genfer Barke, welches man in der Entfernung von der wirklichen segeln sah, entstand durch dieselbe Ursache wie die Luftbilder der Schiffe, mit dem einzigen Unterschiede, daß in diesem Falle die Luftschichten von gleicher Dichte senkrecht auf dem Wasser standen, und nicht, wie bei den früher angeführten Erscheinungen, horizontal oder parallel mit dem Wasser waren. Der Zustand der Luft welcher das seitwärts liegende Bild erzeugte, kann durch vorspringendes Land, eine Insel, selbst durch nahe an der Oberfläche befindliche und mit Wasser bedeckte Felsen bewirkt worden sein. Wurden die angeführten Gegenstände den Tag über von der Sonne stark erwärmt, so theilten sie der unmittelbar über ihnen befindlichen Luft Wärme mit, während die benachbarte, über dem Wasser befindliche Luft ihre vorige Kühle und Dichte beibehielt. Hieraus entspringt nothwendig eine stufenweise sich verändernde Dichte der Luft in derselben horizontalen Richtung, oder wo die Linien von gleicher Dichte senkrecht sind. Nimmt man denselben Zustand der Luft, der Fig. 239. in einer verticalen Ebene stattfindet, als in einer horizontalen Ebene vorhanden an, so werden dieselben Bilder in horizontaler Linie, und zwar ein verkehrtes Bild in sp und ein aufrechtes in s′p′ gesehen werden. In dem Falle mit der Genfer Barke hatten sich die Strahlen wie sie das Auge erreichten,

noch nicht gekreuzt, mithin war das Bild ein aufrechtes. — Das Brockengespenst und andere ähnliche Erscheinungen*) haben einen Ursprung, der wesentlich von dem aus ungleicher Brechung entspringenden verschieden ist. Sie sind nichts anderes als Schatten der Beobachter, die auf dicke Dünste oder wollige Wolken fielen, welche das Vermögen besitzen, viel Licht zu reflectiren. Man sieht sie vorzüglich bei Sonnenaufgange, weil um diese Tageszeit die für ihre Erzeugung erforderlichen Dünste und Wolken am leichtesten erzeugt werden. Sie können nur dann, wenn die Sonne ihre Strahlen horizontal wirft, gesehen werden, widrigenfalls würde der Schatten des Beobachters entweder aufwärts auf die Luft oder niederwärts auf den Boden fallen. — Das zurückgestrahlte Bild des auf der Klippe bei Brighton stehenden Buchan entstand aus einer Ursache, die bis jetzt noch nicht berührt wurde. Dieß war offenbar kein Schatten, denn es geht aus der Oertlichkeit hervor, daß die Sonnenstrahlen auf die Vorderseite der Klippe und auf seine Person unter einem Winkel von ungefähr 73° von der Senkrechten fielen, so daß sie jene Gegenstände stark erleuchteten. Nun gibt es zwei Wege, auf denen ein solches Bild zurückgestrahlt werden konnte. Entweder von Luftschichten von veränderlicher Dichte oder von Dünsten, die eine senkrechte Lage bildeten und aus ungemein kleinen Kügelchen Wasser bestanden. Erleidet das Licht, indem es entweder auf einmal von einem Medium in ein anderes, oder von einem Theile desselben Mediums in ein anderes von verschiedener Dichte übergeht, eine Brechung, so wird ein Theil desselben zurückgestrahlt. Ist demnach ein Gegenstand stark erleuchtet, so kann ein hinreichend deutliches Bild, oder vielmehr ein Schatten desselben, durch Zurückstrahlen von Luftschichten von verschiedener Dichte bewirkt werden. Da die Temperatur, bei welcher Feuchtigkeit aus der Atmosphäre niedergeschlagen wird, sich mit der Dichte der Luft verändert, so kann bei derselben Temperatur Feuchtigkeit in einer Luftschicht von gewisser Dichte niedergeschlagen werden, während kein Niederschlag in einer benachbarten Schicht von verschiedener Dichte stattfindet. Es kann sich demnach in der Luft eine senkrechte Wand oder Schicht aus kleinen Kügelchen Wasser bestehend, bilden, deren Oberfläche ein hinreichend deutliches Bild eines stark erleuchteten Gegenstandes zurück zu strahlen vermag. Daß dieses möglich sei, davon überzeugt man sich, wenn man auf Glas haucht. Sind die Theilchen welche auf dieses sich absetzen, groß, so wird keine bemerkbare Zurückstrahlung stattfinden; sind jedoch diese sehr klein, so bemerkt man ein deutliches Bild, welches von der Oberfläche des wässerigen Häutchens erzeugt wird.

*) Vergl. d. Art. Hof S. 124. f.

M.

Magie, Zauberkunst, die vermeintliche Kunst Wirkungen hervorzubringen, welche übernatürliche Kräfte als Ursachen voraussetzen, gehört einer Zeit an, in welcher man noch nicht im Stande war einzusehen, daß in dem Begriffe einer solchen Kunst selbst ein Widerspruch liege, der ihre Unmöglichkeit ausspricht. Welche Kräfte man auch in Bewegung setzen mag, immer sind sie wie ihre Wirkungen natürlich, weil die Natur selbst nicht etwas anderes ist als die Gesammtheit der Wirkungen aller existirenden Kräfte. Auch die erscheinenden Wirkungen geistiger Kräfte sind natürlich. Gegenwärtig spricht man daher nur noch von einer **natürlichen Magie**, und versteht darunter die Kunst Erscheinungen hervorzubringen, bei denen dem Auge des Schauenden der Zusammenhang von Ursache und Wirkung verborgen bleibt. Diese Kunst hat nur in sofern einen Werth, als sie durch die Verwunderung, die sie erregt, zur Unterhaltung und Belustigung dient, und insofern sie tiefere physikalische Kenntnisse bei demjenigen voraussetzt, welcher sie ausübt. Indem ich auf die wunderbaren Erscheinungen welche in der Natur vorkommen, und welche durch Experimente hervorgebracht werden können, in den einzelnen betreffenden Artikeln geredet habe (s. d. Art. **Gesicht, Gesichtstäuschungen**, dort auch über Gespenstererscheinungen; **Hohlspiegel, Anamorphosen, Luftspiegelungen, Automaten, Bauchredner, Echo, Selbstentzündung, Prisma** u. v. a.), wird es hier genügen nur noch einiger häufig in der natürlichen Magie angewendeter Instrumente Erwähnung zu thun, und auf ihre Beschreibung einzugehen.

Der **magische Spiegel** oder **Zauberspiegel** besteht aus 2 zu Hervorbringung optischer Täuschungen mit einander verbundenen ebenen Spiegeln. Ein Beobachter, welcher vor einem ebenen Spiegel steht, sieht ein deutliches Bild von sich selbst; wenn jedoch zwei Personen vor einem Spiegel stehen und die eine befindet sich eben so weit auf der einen Seite, von einer auf die Mitte des Spiegels gezogenen senkrechten Linie gerechnet, als die zweite auf der anderen Seite, so werden sie zwar einander, nicht aber sich selbst sehen. — Nimmt man Fig. 240. an, MC, CD, NC, CD wären Abtheilungen von zwei neben einander liegenden Zimmern, so denke man sich viereckige Oeffnungen in den Scheidewänden bei A und B, fünf Fuß über dem Boden gemacht. Man fülle diese Oeffnungen mit Spiegelglas und umschließe dieses mit einem Rahmen, so daß sie das Ansehen zweier Spiegel haben. Man stelle zwei Spiegel E und F hinter jede Oeffnung bei A und B, gebe ihnen eine Neigung von 45° gegen die Scheidewand MN und mache sie so breit, daß eine Person, die bei A und B in das Glas sieht, den

Rand derselben nicht erblickt. — Nachdem diese Vorrichtung gemacht worden, wird jemand der bei A in den Spiegel blickt, nicht sich selbst, wohl aber einen bei B befindlichen Gegenstand sehen. Glaubt er in einen gewöhnlichen Spiegel bei A zu blicken, so wird er höchlich erstaunt sein, sich in eine ganz andere Person, oder in ein lebendes, bei B aufgestelltes Thier verwandelt zu sehen. Der Erfolg dieser Täuschung würde ungemein vermehrt werden, wenn ein ebener Spiegel vermittelst einer Rolle unmittelbar hinter die Glasscheibe bei A könnte gebracht und nach Willkür in die Höhe gezogen werden. Der bei A befindliche Zuschauer, der kurz vorher sich selbst in dem beweglichen Spiegel erblickte, würde noch mehr verwundert sein, wenn er nachmals an derselben Stelle ein von dem seinigen verschiedenes Gesicht erblickte. Zöge man den beweglichen Spiegel halb in die Höhe, so würde der Beobachter in A die Hälfte seines eigenen Gesichtes, verbunden mit der Hälfte des in B befindlichen Gesichtes, erblicken. Gegenwärtig ist man mit den Eigenschaften der ebenen Spiegel so wohl vertraut, daß es schwer halten dürfte, mit Hilfe derselben eine Täuschung anhaltend hervorzubringen. Der Spiegel F und das Zimmer NCD sind zur Hervorbringung der Täuschung übrigens nicht unumgänglich nothwendig. Der Erfolg ist ganz derselbe, wenn die in B befindliche Person nach G versetzt wird, und nach dem Spiegel F in der Richtung GF blickt. Da jedoch der Spiegel F so nahe als möglich an A angebracht sein muß, so würde die Person in G sich zu nahe an der Scheidewand CN befinden, wäre nicht der Spiegel F ungemein groß. Die Wirkung dieser und ähnlicher Täuschungen wird sehr verstärkt, wenn die Personen stark erleuchtet werden, und der übrige Theil des Zimmers so dunkel als möglich ist. Bei weitem vorzüglicher zu optischen Täuschungen ist der Hohlspiegel, s. d. Art. Noch bequemer ist aber

die magische Laterne oder Zauberlaterne. Die Zauberlaterne (Fig. 241.) besteht aus einem finstern Kasten oder einer Laterne AB, in dem sich eine Lampe G und ein metallener Hohlspiegel MN befinden. Sie ist so eingerichtet, daß, wenn die Lampe angezündet ist, auch nicht ein Lichtstrahl zu entweichen vermag. An der Seite des Kastens befindet sich eine doppelte Röhre CD, deren hervorragende Hälfte D sich in den anderen Theil hineinschieben läßt. Eine große planconvexe Glaslinse befindet sich am inneren Ende der Doppelröhre, und eine kleine convexe Linse D an dem äußersten Ende. An der Röhre CE befindet sich ein Einschnitt EF, in welchen die Schieber, welche die gemalten Gegenstände enthalten, eingeschoben werden, und in dem sie beweglich sind. Jeder Schieber enthält eine Reihe von Figuren oder Gemälden, die mit höchst durchsichtigen Farben auf Glas aufgetragen sind. Das directe Licht der Lampe G und das vom Spiegel MN zurückgestrahlte fallen auf die erleuchtende Linse C; von dieser concentrirt, erleuchtet es den bemalten Schieber, und da das Gemälde sich im conjugirten Focus der Linse D befindet, so wird ein vergrößertes Bild davon auf einer weißen Wand oder auf einem in pQ ausgespannten weißen Tuche entstehen. Wird die Linse D mehr EF oder dem Gemälde genähert, so wird das Bild mehr vergrößert und in einer wei

teren Entfernung von D gebildet, so daß, wofern es eine besondere Entfernung des Bildes gibt, welche vorzüglicher ist als eine andere, oder eine besondere Größe des Objectes gewünscht wird, dieß durch Veränderung der Entfernung der Linse D von EF erreicht werden kann. — Wird, wie es gewöhnlich der Fall ist, das Bild von einem undurchsichtigen Grunde aufgefangen, so bringt man die Zuschauer mit der Zauberlaterne in denselben Raum. Zur Hervorbringung der Täuschung ist es jedoch nothwendig, die Laterne in eines und die Zuschauer in ein anderes Zimmer zu bringen, und die vergrößerten Abbildungen auf eine große Platte matt geschiffenes Glas, oder einen mit durchsichtiger Gaze bespannten Rahmen, der sich in einer hinreichenden Oeffnung in der Abtheilung, durch welche die Zuschauer vom Künstler geschieden werden, befindet, fallen zu lassen. Diese Bilder können auch eben so wie die, welche man durch den Hohlspiegel bewirkt, auf Rauchwolken aufgefangen werden. — Diese Bilder müssen nothwendig, in Beziehung auf die Lage des gemalten Gegenstandes, stets umgekehrt sein; um ihnen jedoch eine aufrechte Stellung zu ertheilen, braucht man nur die Schieber umzukehren. Die Vorstellungen, durch die Zauberlaterne bewirkt, erregen selbst dann, wenn auch nur ein gewöhnlicher Apparat angewendet wird, ein gewisses Interesse; bedient man sich jedoch doppelter Schieber und verändert man ihre Bewegungen, so können sehr auffallende Erscheinungen erzeugt werden. Brewster, von dem ich diese Beschreibung entlehnt, fügt noch folgende interessante Bemerkungen bei. Man könnte eine Reihe merkwürdiger Darstellungen bewirken, wenn man in einen mit parallelen aus Spiegelglas bestehenden Seiten versehenen Trog Glasplatten, welche passende Figuren enthielten, einsetzte. Der Trog muß bei EF angebracht werden, so daß die Figur auf dem Glase sich in der gehörigen Entfernung von der Objectivlinse D befindet. Ist der Trog mit Wasser oder mit einer anderen durchsichtigen Flüssigkeit gefüllt, so wird das Gemälde bei PQ mit derselben Deutlichkeit, als wenn die Figur an und für sich selbst in den Einschnitt EF wäre gebracht worden, wahrgenommen. Mischt man aber eine andere durchsichtige Flüssigkeit von einer verschiedenen Dichte als Wasser mit diesem, so daß sie sich damit langsam oder schnell verbindet, so wird das Ansehen der Figur, welche in PQ erscheint, besondere Veränderungen erleiden. Mischt man Weingeist oder irgend eine andere entzündliche Flüssigkeit mit dem Wasser, so daß durchgängig durch die Masse theilweise Veränderungen der Dichte erfolgen, so wird die Gestalt in PQ als wie in tausend Stücke zerbrochen erscheinen, und wird ihren stetigen Zusammenhang und ihre Deutlichkeit nach erfolgter durchgängiger Verbindung beider Flüssigkeiten wieder erhalten. — Wird eine Flüssigkeit von geringerer Dichte, als Wasser, sanft über dieses gelagert, so daß sie sich nach und nach damit vermischt und eine regelmäßige Verminderung der Dichte nach unten zu bewirkt, oder werden in Wasser auflösliche Salze auf den Boden des Troges gelegt, so wird sich die Dichte nach oben zu vermindern, und die Gestalt wird höchst sonderbare Verlängerungen und Zusammenziehungen erfahren. Aehnliche Erfolge können durch Einwirkung der Wärme auf die Oberfläche oder

die Seiten des Troges hervorgebracht werden, so daß zu gleicher Zeit beides, eine Zunahme und Verminderung der Dichte des Wassers bewirkt werden, wodurch die vergrößerten Bilder die sonderbarsten Verwandelungen erfahren werden. Es ist unnöthig, die Glasscheibe auf welcher die Figur befindlich ist, in den Trog zu stellen. Man kann ihr gegenüber die Stelle anweisen, und so gleichsam eine Atmosphäre mit örtlichen Veränderungen der Dichte schaffen. Dadurch müssen der Luftspiegelung ähnliche Erscheinungen hervorgebracht werden, durch welche verkehrte Bilder von Schiffen und anderen Gegenständen in der Luft gesehen werden (s. d. Art. Luftspiegelungen). — Die Wirkung der Zauberlaterne ist bedeutend dadurch verstärkt worden, daß man sie auf eine Seite des mit Gaze überzogenen, mithin durchsichtigen Rahmens welcher die Bilder auffängt, die Zuschauer aber auf die entgegengesetzte Seite versetzt hat. Ferner daß man den Theil ausgenommen, welcher die Figuren bildet, alles Uebrige der Schieber undurchsichtig gemacht hat. Dadurch erscheinen alle Abbildungen leuchtend auf schwarzem Grunde, und es wird bei demselben Grade der Erleuchtung ein weit größerer Effect bewirkt. Eine auf diesen Gründen beruhende Vorstellung wurde im Jahre 1802 unter dem Namen Phantasmagoria von Philipsthal zu London und Edinburgh gegeben, und war von dem entschiedensten Erfolge gekrönt. Die kleine Bühne welche zu diesen Vorstellungen diente, wurde nur von einer einzigen Hängelampe erleuchtet, deren Flamme, wenn die Vorstellung begann, in einen undurchsichtigen Schornstein oder sonst in einen dunkelen Ort hinaufgezogen wurde. In dieser „sichtbaren Finsterniß" rollte der Vorhang in die Höhe, und zeigte ein Gewölbe von Knochengerippen und anderen Schrecken erregenden Gegenständen in Relief an den Wänden. — Das flackernde Licht wurde dann so weit hinauf gezogen, daß es verdeckt wurde, und die in tiefe Dunkelheit versenkten Zuschauer fanden sich von Donner und Blitz umgeben. Nach dem Verschwinden des Lichtes wurde, von den Zuschauern unbemerkt, ein dünner durchsichtiger Schirm niedergelassen; auf diesem erschienen die Blitze, so wie sämmtliche nachfolgende Erscheinungen. — Dieser Schirm befand sich in der Mitte des Raumes zwischen den Zuschauern und dem Gewölbe, welches zuerst gezeigt wurde, und da er selbst unsichtbar war, so hatte der Zuschauer keinen Begriff von der wirklichen Entfernung der Gestalten und gab diesen ganz den Charakter von Luftgebilden. Auf den Donner und Blitz folgten Geistergestalten, Knochengerippe und bekannte Individuen, deren Augen und Mund durch Ortsveränderung verbundener Schieber in Bewegung gesetzt wurden. — Nachdem die erste Figur eine kurze Zeit war gezeigt worden, so wurde sie kleiner und kleiner, als wenn sie sehr weit vom Auge weggerückt würde und verschwand zuletzt als kleines Lichtwölkchen. Aus diesem, als Keim, fing eine andere Figur sich zu entwickeln an, wurde nach und nach größer und größer, näherte sich den Zuschauern, bis sie vollkommen ausgebildet war. Auf diese Art verwandelte sich der Kopf des Dr. Franklin in einen Todtenkopf; Figuren, welche sich in der Frische des Lebens zurückgezogen hatten, kehrten als Skelette zurück, und diese erschienen aufs Neue

mit Fleisch und Blut bekleidet. — Auf die Darstellung dieser Verwandelungen folgten Gespenster, Knochengerippe und Schauder erregende Gestalten, die, statt zurück zu weichen und zu verschwinden, wie die vorhergehenden, plötzlich gegen die Zuschauer vordrangen, größer wurden so wie sich näherten, und endlich verschwanden, indem sie zu versinken schienen. Die Wirkung dieses Theiles der Darstellung war offenbar die ergreifendste. Die Zuschauer wurden nicht allein überrascht, sondern beunruhigt, und mehre glaubten, sie hätten die Gestalten berühren können. — Robertson zu Paris bediente sich nicht bloß der Gemälde von Gegenständen, sondern zugleich der directen Schatten lebender Objecte, welche diesen Gegenständen einige Aehnlichkeit damit gaben, wie sie in dunkeler Nacht oder bei Mondlicht erscheinen. — Alle diese Erscheinungen wurden dadurch bewirkt, daß die Entfernung der magischen Laterne AB Fig. 241. von dem Schirme PQ, der feststehend war, verändert wurde, und daß zu gleicher Zeit dadurch, daß die Linse D von den Schiebern in EF entfernt wurde, das auf dem Schirme sich darstellende Bild seine Deutlichkeit behielt. Näherte sich die Zauberlaterne PQ, so wurde der Luftkreis GQ oder der Durchschnitt des Strahlenkegels GDQ nach und nach vermindert, und erschien, wenn D dem Schirme sehr genähert wurde, als eine kleine glänzende Wolke. Jetzt wurde eine neue Figur eingeschoben, so daß bei Entfernung der Laterne vom Schirme die alte Figur sich in eine neue verwandelt zu haben schien. Ungeachtet die Gestalten stets in derselben Entfernung von den Zuschauern blieben, so bewirkt doch die nach und nach erfolgende Verminderung der Größe die Täuschung, als wenn sie in eine größere Ferne zurückwichen. Wurde die Zauberlaterne von PQ entfernt und zu gleicher Zeit die Linse D, EF mehr genähert, so nahm das Bild nach und nach an Größe zu, und schien demnach in demselben Verhältnisse sich gegen die Zuschauer hin zu bewegen. — Ungeachtet diese Darstellungen das übertrafen, was früherhin vermittelst der magischen Laterne geleistet worden war, so hatte sie dennoch mehre Mängel. Die Abbildungen waren nur dürftig gezeichnet, auch in anderer Hinsicht nicht gehörig ausgeführt; auch hatte man noch keine Versuche gemacht, zu verhindern, daß nicht in optischer Hinsicht die Ungereimtheit statt fand, daß die Gestalten bei ihrer Entfernung vom Zuschauer leuchtender, bei ihrer größeren Annäherung dunkeler wurden. Die Veränderung der Entfernung der Linse D von dem Schieber in EF war der Bewegung der Laterne vom und gegen den Schirm nicht genau angemessen, so daß die Umrisse der Gestalten bei den Veränderungen der Größe nicht gleich deutlich blieben. — Thomas Young gab demnach dem Apparate zur Darstellung phantasmagorischer Erscheinungen der Zauberlaterne folgende Einrichtung (Fig. 242.). — Dieselbe steht auf einem kleinen Wagen H, der sich auf den Rädern WW bewegt. Das directe Licht der Lampe G und das von dem Spiegel M zurückgestrahlte wird, von den erleuchtenden Linsen CC verdichtet, auf die auf den unburchsichtigen Schieber bei E gemalten durchsichtigen Figuren geworfen; von diesen macht die Objectivlinse D bei PQ ein Bild. Wird der Wagen H vermittelst seiner Räder rückwärts gezogen, so wird vermittelst des Drahtes

JK der Punkt K tiefer gebracht, dadurch rückt die Linse D näher an die Schieber in EF heran. Rückt der Wagen mehr nach PQ vor, so wird der Punkt K gehoben und der Draht KL zieht die Linse D von dem Schieber zurück, so daß das Bild stets in dem conjugirten Brennpunkte von D bleibt; es malt sich daher stets ein deutliches Bild auf dem Schirme ab. Der Draht KN muß mit JK gleiche Länge haben, und der Punkt J muß um die doppelte Focallänge von der Linse D vor dem Objecte sein; L liegt unmittelbar unter dem Brennpunkte der Linsen. — Um die Helligkeit des Bildes, wenn dieses kleiner wird und entfernter erscheint, zu vermindern, versuchte Young an dem Träger der Linse D einen Schirm anzubringen, der bei seinem Herabfallen einen Theil des Lichtes auffängt. Dieses Verfahren hat jedoch manche Nachtheile. Der einzige Weg eine Veränderung in der Lichtstärke, die der Veränderung in der Größe des Bildes entspricht, zu bewirken, scheint der zu sein, eine einzige erleuchtende Linse C anzuwenden, die man EF nähert, und die weniger Licht auf die Figuren wirft, wenn D von EF entfernt wird; C wird entfernt von EF, wenn D sich demselben nähert. Die Linse C muß demnach eine mittlere Stellung erhalten, welche einer mittleren Entfernung des Schirmes und der gewöhnlichen Größe der Figuren entspricht. Es muß ferner die Einrichtung getroffen sein, daß sie, wenn eine größere Intensität des Lichtes für die Bilder, wenn diese eine riesenmäßige Größe erhalten, erfordert wird, von dem Schieber EF entfernt werden könne; daß man sie jedoch demselben nahe zu bringen vermöge, wenn die Bilder klein gemacht werden. Die Größe der Linse C muß demnach so groß sein, daß der Durchschnitt ihres Strahlenkegels bei EF der Größe der Figur in dem Schieber, bei der größten Entfernung von C von diesem, gleich sei. Brewster bemerkt, daß Youngs Vorschlag die Objectivlinse D vorwärts oder rückwärts zu bringen, je nachdem die Laterne dem Schirme genähert oder von ihm entfernt wird, zwar sinnreich und wirksam, aber plump ausgeführt ist, und sich nur bei kurzen Entfernungen zwischen dem Schirme und der magischen Laterne anbringen läßt. Daher muß nach Brewster der Mechanismus, durch welchem der Linse D die gehörige Stellung gegeben wird, durch die Achse des vorderen Rades in Bewegung gesetzt, und die Röhre welche die Linse enthält, muß durch eine zarte Feder in ihrer größten Entfernung von EF erhalten werden. Durch den Druck, den eine spiralförmige Feder ausübt, und der dem optischen Verhältnisse zwischen beiden conjugirten Focalentfernungen der Linsen angemessen ist, wird sie in der gehörigen Entfernung erhalten.

Bei allen den angegebenen Vorrichtungen zu Hervorbringung optischer Täuschungen ist ein großer Mangel der, daß die kleinen Bilder, auch wenn sie noch so sorgfältig gemalt werden, bei der Vergrößerung dennoch sehr große Mißverhältnisse zeigen. Um daher die Kunst Phantasmen vorzustellen zu erhöhen, muß man sich lebender Objecte bedienen. Brewster gibt einen Apparat hierzu an, und nennt ihn einen katadioptrisch-phantasmagorischen, weil seine Wirkungen sowohl auf der Zurückstrahlung als Brechung des Lichtes beruhen. Fig. 243.

gibt diesen Apparat näher an. AB ist eine lebende Figur, welche vor einem großen Hohlspiegel MN steht; dieser macht von derselben ein verkleinertes und umgekehrtes Bild in ab. Ist PQ der durchsichtige Schirm, auf welchem sich das Bild den sich rechter Hand von demselben befindlichen Zuschauern zeigen soll, so muß vor das Bild ab eine große Linse LL so gestellt werden, daß sich ein deutliches aufrechtstehendes Bild in A′B′ auf dem Schirme macht. Soll das Bild A′B′ genau die Größe des Gegenstandes AB haben, so muß die Linse LL das kleine Bild ab um eben so viel vergrößern, als der Spiegel MN die Figur AB verkleinert. Das lebende Object AB, der Spiegel MN und die Linse LL müssen sich auf einem beweglichen Wagen befinden, um die Veränderungen in der Größe der Phantasmen und die Verwandelung einer Figur in die andere bewirken zu können. Die Vorrichtung, um der Linse LL die gehörige Stellung zu geben, damit sie ein deutliches Bild in verschiedenen Entfernungen vom Schirme auf diesem macht, wird demnach bei diesem Apparate angebracht werden müssen. Damit die Phantasmen die volle Wirkung hervorbringen, müssen die lebenden Gegenstände in AB auf das stärkste erleuchtet werden, und entweder in Weiß oder in sehr leuchtende Farben gekleidet sein. Um sie möglichst zu heben, muß in einiger Entfernung hinter ihnen ein schwarzes Tuch ausgebreitet werden. Auch würde man manche interessante Wirkungen dadurch hervorbringen, daß man in AB sorgfältig gearbeitete Büsten oder Gemälde aufstellte. Eslen ein bekannter deutscher Künstler hat bereits 1797 zu Berlin phantasmagorische Vorstellungen gegeben, bei denen schon Brewsters neuerdings gemachte Vorschläge in Anwendung kamen, wie Wolff (in der Uebersetzung von Brewster's interessantem Werke: „Briefe über die natürliche Magie" Berlin 1833.) bemerkt. Seine Zauberlaterne war ein länglicher mit schwarzem Tuche ausgeschlagener Kasten, der lichtdicht schloß; in diesem war als Object eine sehr stark erleuchtete menschliche Figur aufgestellt. Durch einen Hohlspiegel wurde das Bild auf die Linsen der Zauberlaterne geworfen. Das Bild stellte sich auf einem aus Einem Stücke gewebten Vorhange von Gaze, welcher die ganze Breite der Bühne einnahm, dar.

Magnet. Schon die Alten wußten, daß es gewisse Eisenerze gibt, welche aus geringen Entfernungen Eisentheile anzuziehen im Stande sind, und nannten ein solches Erz einen μάγνης von Magnesia einer Gegend in Lydien, wo sich diese Erze in Menge fanden. Plinius erzählt, daß Dinokares dem Ptolemäus Philadelphus (König von Egypten) vorgeschlagen habe, in Alexandria einen Tempel zu bauen, dessen mit Magnetsteinen versehenes Gewölbe eine Statue der Königin Arsinoë in der Luft schwebend erhielte, und der H. Augustin erwähnt einer frei in der Luft aufgehängten Statue mitten im Tempel des Serapis zu Alexandria. *) Die Eigenschaften des Magneteisensteines erschienen den

*) Daß übrigens diese Erzählung in dieser Unbestimmtheit für eine Fabel gehalten werden muß, ist klar. Denn gesetzt auch es wäre der Theorie

Alten als ein Wunder und sie schrieben ihm eine Seele zu (wenigstens wird dieß von Thales erzählt) und heilende Kräfte. Gewisse Eisenerze sind also von Natur magnetisch, aber auch jenes Stück Eisen, welches eine gewisse Zeit den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt bleibt, oder welches lange Zeit in der Erde gelegen hat, erhält allmählig das Vermögen Eisenfeilspähne anzuziehen, und sogar ziemlich gewichtige Stücke Eisen zu heben. Auch noch auf andere Weise erhält Eisen die Anziehungskraft gegen Eisen, und jedes Stück Metall welches diese Kraft besitzt, heißt ein Magnet. Einige Magnete sind sehr schwach, d. h. bei einem ziemlich großen Volumen äußern sie gegen Eisen nur eine geringe Anziehungskraft; andere sind sehr kräftig, d. h. bei einem verhältnißmäßig geringen Volumen sind sie im Stande sehr schwere Eisenmassen frei zu heben und zu tragen. Um die Mächtigkeit eines Magnetes zu erproben, kann man ihm Eisenstücken von mehr oder weniger Volumen darbieten; bringt man ein derartiges Stück Eisen dem Magnet bis zu einer geringen Entfernung nahe, so scheint es an Gewicht abzunehmen, und (wenn es nicht im Verhältniß gegen die Mächtigkeit des Magnetes zu schwer ist) fliegt endlich alle Schwere überwindend an den Magnet und bleibt frei an demselben hängen, und es gehört eine mehr oder weniger bedeutende Kraft dazu es wieder abzureißen. Alle Anziehungen sind gegenseitig; mit derselben Kraft und nach denselben Gesetzen womit ein Magnet das Eisen anzieht, wird er von demselben angezogen. Man sieht dieß auch daraus, daß der einer feststehenden Eisenmasse genährte Magnet mit derselben Mächtigkeit von ihr angezogen und nachher von ihr festgehalten wird, mit der er selbst sie in dem vorerwähnten Versuche anzog und fest hielt. Das einfachste Mittel die Anziehungskraft des Eisens in der Art ihrer Wirksamkeit zu beobachten, ist folgendes. Wenn man eine Stange magnetisirten Eisens, welche die Gestalt eines länglichen Parallelepipedums hat, in Eisenfeile wälzt und nachher herausnimmt, so sieht man, daß sich die Theilchen der Eisenfeile an die Oberfläche der Stange anheften, aber nicht an allen Theilen auf gleiche Weise, sondern vorzüglich in einiger Entfernung von den Enden, wie Fig. 244. dieser veranschaulicht. Fig. 245. zeigt die Art der Anhäufung der Eisenfeile an einem natürlichen Magneten. An den Enden der Stange bemerkt man sehr lange gleichsam Fasern oder Haare, welche senkrecht gegen die Oberfläche gerichtet sind; weiter ab von diesen Punkten werden diese Fasern kürzer und neigen sich, gleichsam als flöhen sie die Enden der Stange, in der Mitte der Stange endlich setzen sich gar keine Fasern an. Die Wirkung, welche alle Theile einer magnetischen Eisenstange auf das Eisen ausüben, kann man auch dann noch beobachten, wenn man die Stange unter ein Blatt Papier legt und auf dieses Eisenfeile streut. Sobald man das Papier leicht erschüttert, vertheilt sich die Feile in der ange=

---

nach möglich eine Statue durch entgegengesetzt auf sie wirkende magnetische Kräfte zum Schweben zu bringen, so würde sie doch durch den geringsten Anstoß aus der schwebenden Stellung heraus gebracht werden.

gebenen Art. Immer erkennt man zwei Stellen, nach denen sich die Eisenfeile am stärksten hinzieht, und diese liegen gegen die Enden der Stange. Diese Stellen wo die magnetische Anziehung am stärksten ist, hat man Pole genannt; genauer sind sie die Mittelpunkte der Kräfte, welche beim Magneten in Thätigkeit sind.

Auf ähnliche Weise wie auf die Eisenfeile wird eine magnetisirte Eisenstange auch auf eine Nadel von weichem Eisen wirken, welche frei an einem Seidenfaden aufgehängt ist, der hinreichende Beweglichkeit hat, um die Nadel in einer horizontalen Ebene sich bewegen zu lassen. Diese Einwirkung des Magnets findet auch dann noch statt, wenn man zwischen ihn und die Nadel Körper wie Holz, Papier, Glas u. s. w. bringt. Es gibt keinen Körper, welcher die vom Magneten ausgehende Anziehungskraft unterbricht. *) Auch eine leichtbewegliche Eisennadel in dem Recipienten der Luftpumpe wird (nach möglichster Luftverdünnung) noch von einem Magneten außerhalb des Recipienten angezogen. Bringt man an die Stelle der Nadel von weichem Eisen, eine Nadel, welche selbst magnetisirt ist, so hat natürlich auch diese zwei Pole, und man findet nun, daß jeder ihrer Pole von dem einen Ende (Pole) der magnetischen Eisenstange angezogen, von dem andern dagegen abgestoßen wird. Hieraus folgt, daß die zwei Enden einer magnetisirten Eisenstange nicht die nämliche magnetische Eigenschaft besitzen.

Man sieht leicht daß der Magnetismus nicht wie die Schwere eine allen Körpern eigenthümliche, also allgemeine Eigenschaft ist. Die chemische Analyse hat gezeigt, daß die natürlichen Magnete nichts weiter sind als Eisenoxyde, d. h. Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff in verschiedenen Verhältnissen, so daß Eisen und Sauerstoff die einzigen wägbaren Stoffe sind, welche bei der Bildung dieser merkwürdigen Körper zusammentreten. Keiner dieser Stoffe hat aber für sich allein das bleibende Vermögen den magnetischen ähnliche Erscheinungen hervorzubringen, daher kann man auch nicht annehmen, daß sie durch ihre Vereinigung die magnetische Eigenthümlichkeit erzeugen. Ferner können die der wägbaren Materie einwohnenden Kräfte zwar vermehrt und vermindert und vielfach modificirt, aber niemals gänzlich zerstört oder zum Verschwinden gebracht werden, während der Magnetismus nur eine vorübergehende Erscheinung auch in den Magneten ist. Man erfährt dieß, wenn man einen Magnet bis zur Rothglühhitze erwärmt. Hierdurch verliert er nichts von seinen materiellen Bestandtheilen, aber alle seine magnetischen Eigenthümlichkeiten gehen verloren. Nach der Abkühlung ist er materiell ganz dasselbe was vorher, aber in Bezug auf den Magnetismus ist er ein ganz anderes geworden, denn er zeigt auch nicht mehr die geringste Wirksamkeit gegen Eisen. Man kann ihm sogar seine magnetische Eigenschaft wiedergeben, ohne ihm auch nur das geringste wägbare also materielle Bestandtheilchen zu nehmen oder hin-

*) Mit der Dicke der dazwischen gebrachten Körper nimmt der Abstand der Eisenstange von der Nadel zu und vermindert sich die magnetische Kraftäußerung bis zum Verschwinden.

zuzufügen. Der Magnetismus ist daher gewiß nicht ein materieller Stoff, wenn man unter Materie überhaupt dasjenige versteht, was schwer ist. Um aber doch von ihm als gleichsam einem Stoffe reden zu können, hat man ihn einen unwägbaren Stoff genannt, wie auch das Licht, die Wärme und die Elektricität; und aus Gründen, die sich aus der Gesammtheit der magnetischen Erscheinungen ergeben, spricht man von einer magnetischen Flüssigkeit (lat. Fluidum), einer Flüssigkeit eigenthümlicher Art, welche sich in den Körpern, die magnetische heißen, ausbreite. Und da es zwei in gewöhnlichem Sinne entgegengesetzt wirkende magnetische Kräfte gibt, so spricht man auch von zwei verschiedenen magnetischen Flüssigkeiten, von denen die eine in dem einen Pole, die andere in dem andern Pole vorherrscht.

Wir sahen, daß die kleinen Bestandtheile der Eisenfeile, welche sich um die Enden einer magnetisirten Eisenstange gruppiren, mehr oder weniger lange Fasern bilden, indem sie sich einer an den anderen anheften. Hier wirkt offenbar ein Eisentheilchen gegen das andere selbst als ein Magnet, und wir erkennen die merkwürdige Eigenschaft des weichen Eisens, selbst ein Magnet zu werden, und gegen andere es umgebende Eisentheile als ein solcher zu wirken, sobald es mit einem Magneten in Berührung gesetzt ist. Zur größeren Veranschauligung dieser Eigenthümlichkeit bringe man eine weiche, durchaus unmagnetisirte Eisenstange in verticaler Stellung mit einem ihrer Enden nahe an eines der Enden einer horizontalen magnetisirten Eisenstange, und biete dem freien Ende der ersten Eisenstange Eisenfeile dar; diese legt sich hier sogleich an, und bleibt so lange hangen als der magnetische Einfluß fortdauert, so wie man aber den Magnet von der Eisenstange entfernt, fällt die Eisenfeile ab. Statt der Eisenfeile kann man sich bei den Versuchen kleiner Stangen von weichem Eisen bedienen, und unter dem magnetischen Einflusse kann man diese eine an die andere anhängen. Zieht man den Magnet weg, so fallen die Eisenstängelchen sogleich von einander ab. Diese Erscheinung hat offenbar große Aehnlichkeit mit der elektrischen, daß, wenn man in die Nähe eines elektrischen Körpers einen Leiter der Elektricität bringt, auch dieser elektrisch wird. Der Magnet verliert jedoch durch diese Erregung des Magnetismus durch Vertheilung weder irgend etwas an magnetischer Kraft, noch findet eine Bewegung der magnetischen Kraft oder des magnetischen Fluidums, wenn man ein solches annehmen will, statt, wie dieses bei der Elektricität (S. d. Art. Elektricität, Vertheilung) der Fall ist. Es läßt sich leicht nachweisen, daß der Magnet an Kraft nichts einbüßt, wie groß auch die Anzahl von Eisenstangen gewesen sein mag, welche er magnetisirt hat. Das weiche Eisen daher, welches in seinen natürlichen Zustand zurück tritt, sobald es außerhalb des Einflusses des Magnetes sich befindet, muß in sich selbst die Fähigkeit haben die magnetische Eigenthümlichkeit anzunehmen. Um zu zeigen, daß der Magnetismus nicht von einem Bestandtheilchen des Magnetes auf das andere übergeht um sich gegen die Enden zu anzuhäufen, braucht man nur einen Eisendraht mit dem Magnet in Berührung zu setzen; er wird selbst magne-

tisirt, schneidet man aber das Ende des Drahtes ab, so zeigt dieses auch nicht eine Spur von Magnetismus.

Hängt man wie vorhin eine magnetisirte Nadel an einem Faden auf, so begibt sie sich alsbald, wenn nicht Eisen in der Nähe ist, welches störend auf sie einwirkt in eine solche Stellung, daß ihr eines Ende gegen Norden, das andere folglich gegen Süden zeigt; da sich nach den Enden der Nadel hin ihre Pole befinden, so nennt man den einen dieser Pole, den welcher nach Norden gerichtet ist, den **Nordpol** und den anderen den **Südpol** der Nadel. Wie die Nadel, so stellt sich überhaupt jeder oberhalb seines Schwerpunktes oder unterhalb desselben so aufgehängter Magnet in eine solche Richtung, daß einer seiner Pole gegen Norden, der andere gegen Süden gerichtet ist, und so hat denn jeder Magnet einen Nordpol und einen Südpol. Die Nordpole verschiedener Magnete, heißen **gleichnamige** Pole und eben so die Südpole im Verhältniß gegen einander, dagegen heißt ein Nordpol gegen einen Südpol, und ein Südpol gegen einen Nordpol **ungleichnamig**. Nähert man den Nordpol eines Magnetes dem Südpol einer frei an einem Faden aufgehängten Magnetnadel, so zieht jener diesen an, und eben so zieht der Südpol des Magnetes den Nordpol der Magnetnadel an, die **ungleichnamigen Pole also ziehen sich an**, und heißen deßhalb **freundschaftliche** oder **einige** Pole. Nähert man dagegen den Nordpol eines Magneten dem Nordpole einer Magnetnadel, so stößt er denselben ab, und eben so stößt der Südpol des einen Magneten den des andern ab, woraus dann folgt: die **gleichnamigen Pole stoßen sich ab**, und heißen deßhalb **feindliche** oder **uneinige** Pole.

Gewöhnlich besitzen die beiden Hälften einer magnetischen Eisenstange entgegengesetzten Magnetismus, aber zuweilen kommen auf jeder Seite Abwechselungen des entgegengesetzten Magnetismus vor, und folglich mehr als 2 Pole. Diese polarischen Punkte werden **Folgepunkte** genannt. Um sie zu entdecken nähert man nach und nach alle Punkte der vertical gehaltenen Stangen einem und demselben Pole einer beweglich aufgehängten Magnetnadel. Jedesmal wo man einen Uebergang von Anziehung zu Abstoßung beobachtet, da gibt es einen Folgepunkt. Noch deutlicher kann man diese polarischen Punkte einer Stange nachweisen, wenn man auf ein über einen solchen Magnet gelegtes Papier Eisenfeile streut, diese ordnet sich dann so, daß man aus der Weise ihrer Vertheilung die Gegenwart der (Folgepunkte) erkennt, wie Fig. 246. dieß veranschaulicht.

Während ein Stab weichen Eisens nach Aufhebung des magnetischen Einflusses wieder in seinen natürlichen, unmagnetischen Zustand zurück geht, ist dieses nicht der Fall bei einer Stange durch Hämmern gehärteten Eisens oder gehärteten Stahles. Bei einer solchen äußert sich der magnetisirende Einfluß langsamer, aber nachdem er einmal deutlich hervorgetreten, behält die harte Eisenstange die magnetische Eigenschaft lange Zeit, sogar noch dann, wenn sie nicht mehr unter dem Einflusse des ersten Magneten steht. Man nennt eine solche Stange eine **magnetisirte**, und unterscheidet **natürliche** und **künstliche**

Magnete, welche letzteren durch den Einfluß natürlicher Magnete ihre magnetische Eigenschaft erhalten haben. Wir sehen, daß im gehärteten Eisen und im Stahl irgend eine Ursache vorhanden ist, welche sich der Entwickelung des Magnetismus widersetzt, aber den einmal gebildeten magnetischen Gegensatz (denn immer wird durch einen Nordpol auch ein Südpol hervorgerufen) auch in der Widerausgleichung, wie sie beim weichen Eisen stattfindet, hindert. Ganz ähnlich verhalten sich die Körper auch in Bezug auf Elektricität. Einige, die guten Leiter, werden im Wirkungskreise eines elektrischen Körpers, sogleich selbst elektrisch, aber verlieren ihre Elektricität auch eben so leicht, nachdem sie aus jenem Wirkungskreise herausgebracht sind; andere die Isolatoren nehmen den elektrischen Gegensatz schwer an, behalten ihn aber längere Zeit, auch nachdem sie aus dem elektrischen Wirkungskreise herausgebracht sind. Je stärker gehärtet der Stahl ist, desto geeigneter ist er den Magnetismus zurück zu halten: hat eine um so größere Coërcitivkraft.

Die Magnetisirung einer Stahlstange durch den bloßen Einfluß eines Magneten in ihrer Nähe geht sehr langsam vor sich; tritt aber fast augenblicklich ein, wenn man wiederholt in der nämlichen Richtung einen Pol des Magnets über die Stahlstange ihrer ganzen Länge nach, mit Reibung hinführt; einige so angebrachte Striche bewirken die Magnetisirung der Stahlstange. Hat man eine Stahlnadel auf diese Weise magnetisirt so sind ihre Enden entgegengesetzt polarisch, und bricht man sie hierauf entzwei, so zeigt jedes ihrer Stücke sich gleichfalls an den Enden entgegengesetzt polarisch, so daß also jedes Stück wieder einen vollständigen Magneten gibt.

Das Eisen wird polarisch, wenn es geschlagen, gepreßt, gedreht wird, im Allgemeinen, wenn durch einen mechanischen Einfluß die Massentheilchen desselben aus ihrer natürlichen Lage gegen einander gebracht werden. Daher kommt es, daß eiserne Handwerksgeräthe durch den Gebrauch nach kurzer Zeit magnetisch werden. Wenn man eine Eisenstange vertical hält, und mit einem Hammer auf das eine Ende derselben schlägt, so erhält sie magnetische Polarität (zeigt einen Nordpol und einen Südpol), und wendet man hierauf die Stange und schlägt gegen ihr anderes Ende, so wird die Polarität umgedreht, d. h. das früher südpolarische Ende, wird nun nordpolarisch, das nordpolarische südpolarisch. Alle eisenhaltige Substanzen, das Eisen mag nun bloß beigemengt oder chemisch mit ihnen verbunden sein, wirken auf die Magnetnadel, indem sie dieselbe anziehen, aber man muß sich, um diese Einwirkung zur Wahrnehmung zu bringen, mitunter sehr feiner magnetischer Apparate bedienen. Diese Substanzen erlangen selbst jedoch niemals magnetische Polarität. Man kann also einen magnetischen Körper von einem magnetisirten so unterscheiden, daß jener in allen seinen Punkten denselben Pol der Magnetnadel anzieht, wohingegen dieser mit seinen Punkten nach der einen Seite hin anziehend, mit seinen Punkten nach einer entgegengesetzten Seite hin dagegen abstoßend gegen denselben Pol der Magnetnadel, und umgekehrt, gegen den andern Pol derselben mit diesen Punkten anziehend mit jenen abstoßend wirkt.

Nickel und Kobalt im Zustande der größten Reinheit, sind nicht

nur magnetisch (werden vom Magnet angezogen) sondern können auch magnetisirt werden, d. h. selbst magnetische Polarität annehmen. Doch damit das letztere möglich sei, muß in ihnen (wie im Stahl) eine den Magnetismus zurückhaltende Kraft dadurch erzeugt werden, daß man sie in gewissen Verhältnissen mit Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel oder Zinn verbindet. Man hat vielfach versucht Magnete herzustellen aus Gemengen von Eisenoxyd oder Eisenstaub mit zähflüssigen Substanzen, wie Leinöl. So erhält man einen Brei oder Kleister, der bei mäßiger Hitze (damit er nicht springe) getrocknet, endlich eine hinlängliche Festigkeit erlangt. Die ersten derartigen Versuche stellte Knight an. Nachher hat Ingenhous ähnliche Magnete verfertigt, indem er als starrflüssigen Körper Käse mit feingepulvertem ungelöschten Kalke anwendete. Er fand daß derartige Magnete die mit Magnetstaub bereitet waren, stärker waren, als solche welche mit Eisenstaub bereitet waren, und daß man in ihrer Masse so viel magnetische Pole als man wollte erzeugen konnte, durch einfache Berührung mit einem magnetisirten Stabe.

Der magnetisirten Nadeln, Magnetnadeln, bedient man sich vorzugsweise zu Beobachtungen über den Magnetismus, weil sie wegen ihrer geringen Schwere am leichtesten zu behandeln und der Einfluß der magnetischen Kräfte an ihnen nachgewiesen werden kann, weil sie sich eben deßwegen leichtbeweglich aufhängen oder auf einer Spitze balancirend aufstellen lassen, ohne durch eine zu starke Reibung in der Beweglichkeit gehindert zu werden, und weil endlich ihre längliche Gestalt den polarischen Gegensatz deutlich hervortreten läßt. An kleinen pulverförmigen Eisentheilchen läßt sich dieser Gegensatz weniger gut beobachten, und große Eisenstangen sind schwer zu handhaben, und erfordern sehr starke magnetische Kräfte um sie in Bewegung zu setzen. Uebrigens verhält sich im Allgemeinen jedes Stück magnetischen Eisens wie eine Magnetnadel, und man kann daher das Wesen des Magnetismus aus dem Verhalten der Magnetnadel erfahren. Die Magnetnadeln werden aus gehärtetem Stahl bereitet, sind sehr dünn und haben die Gestalt einer sehr lang ausgezogenen Raute. Doch wendet man auch dünne prismatische Stäbchen als Magnetnadeln an. Zuweilen sind sie mittelst in ihrer Mitte angebrachter Hütchen von Metall oder Achat auf feine Metallspitzen gestellt, so daß sie sich auf derselben leichtbeweglich balanciren; zuweilen an Seidenfäden aufgehängt, wozu man zu Herstellung der leichtesten Beweglichkeit Fäden von ungedrehter Seide nimmt.

Eine so möglichst frei aufgehängte Magnetnadel läßt sich nicht in jede beliebige Stellung bringen und verharrt in derselben, sondern sie nimmt vielmehr von selbst eine ganz bestimmte Stellung an und verharrt in dieser, geht auch nach mehren Schwingungen (lat. Oscillationen) wieder in dieselbe zurück, wenn man sie auf irgend eine Weise aus derselben herausgebracht hat. Gewöhnlich sagt man die Magnetnadel kehre sich mit ihrem Nordpole gegen Norden, und obwohl im Allgemeinen ist dieses doch nicht genau richtig. Schon Columbus machte bei seiner großen Entdeckungsreise im J. 1492 die Bemerkung,

daß die Richtung der Magnetnadel nicht an allen Orten dieselbe sei, daß sie mehr oder weniger in ihrer Richtung von dem mathematisch genau bestimmten Nordpunkte abweiche. In einem Briefe vom Jahre 1269 soll nach Thevenot schon von einer Abweichung der Magnetnadel von 5° die Rede gewesen sein, welches wohl die früheste Spur von der Kenntniß der Abweichung ist. Denkt man sich durch die Richtung einer Magnetnadel eine Ebene gelegt, so heiß diese der magnetische Meridian des Ortes, an welchem die Magnetnadel aufgestellt ist. Je nachdem die Abweichung der Magnetnadel an diesem Orte größer oder geringer ist, wird daher der magnetische Meridian in einem größern oder kleinern Winkel gegen den astronomischen Meridian geneigt sein. Dieser Winkel heißt die Abweichung der Magnetnadel für diesen Ort. Aber auch an demselben Orte bleibt die Richtung der Magnetnadel nicht unverändert dieselbe, vielmehr ändert sich die Abweichung im Verlaufe der Jahre und überdieß zeigen schärfere Beobachtungen, daß auch tägliche, regelmäßige Schwankungen der Magnetnadel stattfinden. S. d. Art. Abweichung der Magnetnadel, wo auch diejenigen Apparate genauer beschrieben sind, welche man unter dem Namen magnetischer Declinatorien oder Declinationsboussolen vorgerichtet hat, um an ihnen die Abweichungen der Magnetnadel zu beobachten.

Aus dem Umstande, daß sich die Magnetnadel stets in eine bestimmte Richtung stellt, sehen wir, daß die Erde einen gewissen Einfluß gegen die Magnetnadel ausübt, deren Folge jene Richtung der Magnetnadel ist. Nähert man ruhig sich befindenden Magnetnadeln einen magnetisirten Eisenstab, so äußert auch dieser seinen Einfluß auf die Nadel und bei gehöriger Annäherung überwiegt endlich dieser Einfluß den der Erde; sie verläßt die Stellung ihres magnetischen Gleichgewichtes (so heißt diejenige Stellung, welche sie allein unter dem Einfluß der Erde stehend annimmt) und nähert sich dem ihr zunächst stehenden Pole des Magnetstabes mit demjenigen ihrer polarischen Enden, welches gegen jenen ungleichnamig ist. Sie nimmt auf diese Weise eine durch den Magnetstab bestimmte Stellung ein. Bringt man sie aus dieser Stellung heraus, so geht sie nach einer Anzahl Schwankungen rechts und links wieder in dieselbe zurück. Da nun auf diese Weise der Einfluß eines Magnetstabes auf die Nadel dem ganz ähnlich ist, welchen die Erde auf dieselbe ausübt, so sieht man sich veranlaßt anzunehmen, daß die Erde selbst wie ein Magnet sich verhält, dessen Pole in der Nähe der geographischen Pole sich befinden. Da es nun ein allgemeines Gesetz der magnetischen Polarität ist, daß die ungleichnamigen Pole sich anziehen, so nennen die Franzosen den Pol der Magnetnadel, welcher unterm alleinigen Einflusse der Erde nach Norden sich richtet, den Südpol und den nach Süden gerichteten den Nordpel der Magnetnadel, wir hingegen nennen den nach Norden gerichteten Pol der Magnetnadel den Nordpol, den nach Süden gerichteten den Südpol, und schreiben dem Nordpol der Erde südlichen, dem Südpol nördlichen Magnetismus zu.

Der magnetische Meridian bezeichnet nur die verticale Ebene, in welche sich die Magnetnadel unter dem Einflusse der Erde stellt, aber

auch die Lage der Magnetnadel in dieser Ebene ist eine bestimmte. Wenn man irgend einen Körper, welcher nur dem Gesetze der Schwere gehorcht, unter seinem Schwerpunkte unterstützt, so nimmt er eine horizontale Lage an, welche man deutlich erkennen wird, sobald der Körper vorzugsweise in die Länge und Breite ausgedehnt ist. Dieses müßte auch bei einer Magnetnadel der Fall sein, wenn keine andere Kraft als die der Schwere auf sie wirkte. Im Jahre 1576 entdeckte zuerst Robert Norman zu London, daß eine Magnetnadel, je weiter man nach Norden sie beobachtet, auch wenn sie noch so genau unter ihrem Schwerpunkt unterstützt war, eine um so mehr gegen den Horizont geneigte Lage annimmt. Fernere Beobachtungen haben gezeigt, daß in dem größten Theile der Hälfte unserer nördlichen Erdkugel der nördliche Theil der Nadel sich unter den Horizont senkt, indem sich der südliche erhebt, und daß dagegen in den meisten Gegenden der südlichen Erdhälfte die Nadel mit ihren Südende unter den Horizont sich senkt und mit ihrem Nordende sich über denselben erhebt. Wie die Abweichung so ist auch die Neigung der Magnetnadel nicht für denselben Ort bleibend dieselbe. Hierüber und über die unter dem Namen Inclinationsboussolen zur Beobachtung der veränderlichen Neigung eingerichteten Instrumente, s. d. Art. Neigung der Magnetnadel.

Zuweilen will man sich einer Magnetnadel bedienen, auf welche der Erdmagnetismus keine merkbare Wirkung ausübt. Man nennt eine solche Nadel eine astatische Nadel (v. d. griech. α priv. und ἵστημι stellen). Folgender Apparat erfüllt diese Bedingungen. Derselbe gründet sich auf den Satz, daß ein um eine Axe beweglicher Körper nicht von einer Kraft in Bewegung gesetzt werden kann, welche in einer der Axe parallelen Richtung auf ihn wirkt. Die Magnetnadel gg (Fig. 247.) ist um die Axe aa' beweglich. Die Erde wirkt, wie gezeigt worden, in einem zweifachen Sinne auf die Magnetnadel, nämlich erstens indem sie dieselbe in eine bestimmte Richtung gegen den geographischen Meridian, und zweitens indem sie dieselbe in eine bestimmte Richtung gegen den Horizont des Ortes stellt. Beide Wirkungen lassen sich aber so vereinigen, daß sie zusammen als Eine (mittlere — resultirende) in bestimmter Richtung gegen die Magnetnadel wirkende Kraft vorgestellt werden. Bringt man die Axe aa' in eine dieser Kraft parallele Richtung, so wird die um aa' bewegliche Nadel dadurch außerhalb des Einflusses der magnetischen Kraft der Erde gesetzt sein. Zu Hervorbringung dieser Richtung dienen zwei rechtwinklige Bewegungen, die eine wird hervorgebracht durch die Schraube ohne Ende V und das Rad G, in dessen Zähne die Schraube greift, die andere durch die Schraube V' und das Rad G'. Der in Grade eingetheilte Kreis CC' dient, die Stellungen der Magnetnadel zu beobachten. — Man kann eine astatische Nadel auch noch durch eine andere Art den Einfluß des Erdmagnetismus aufzuheben, herstellen. Man läßt nämlich eine andere magnetische Kraft auf die Magnetnadel wirken, welche der der Erde gleich ist, aber im entgegengesetzten Sinne auf die Nadel wirkt. Hierzu muß man sich eines Magnetstabes bedienen, der eine hinlänglich große Kraft besitzt, um aus einer im Verhältniß gegen die Dimensionen der

Nadel sehr großen Entfernung auf dieselbe eben so stark wie der Erdmagnetismus zu wirken. Man bringt den Magnetstab in die Ebene des magnetischen Meridianes, stellt ihn parallel derjenigen Richtung, in welche sich die Nadel im Zustande des Gleichgewichtes stellen würde und kehrt gegen die Nadel seinen abstoßenden Pol, nämlich seinen Nordpol, wenn er sich auf der nördlichen Seite von der Nadel befindet, seinen Südpol, wenn auf der südlichen Seite. Bei einer zu geringen Entfernung ist der Magnet mächtiger als die Erde, er bewirkt daher, daß sich die Nadel umdreht und erhält sie in dieser umgekehrten Stellung; bei einer zu großen Entfernung ist die Erde mächtiger als der Magnetstab und die Nadel beharrt in ihrer natürlichen Stellung; bei einer bestimmten mittleren Entfernung endlich findet Compensation (Aufwägung des Einflusses der Erde) statt, und die Nadel nimmt jede ihr beliebig mitgetheilte Stellung an, ohne in ihre natürliche Stellung durch Oscillationen zurückzugehen. Die völlige Compensation wird aber nur dann hervorgebracht werden können, wenn der Magnetstab mit gleicher Mächtigkeit gegen beide Pole der Nadel wirkt, weil auch die Erde gegen beide Pole gleichen Einfluß ausübt, daher wird der Magnetstab in eine im Verhältniß gegen die Dimensionen der Nadel sehr großen Entfernung gestellt werden müssen. Endlich gibt es noch ein einfacheres und directeres Mittel zur Herstellung eines astatischen Apparates. Man befestige zwei Magnetnadeln an eine und dieselbe Axe, so daß der Nordpol der einen unter den Südpol der andern zu liegen kommt. Fig. 248. stellt ein solches astatisches System zweier Nadeln dar, deren gemeinschaftliche Axe die Drehungsaxe ist. Die beiden Nadeln müssen in Bezug auf Form und Vertheilung des Magnetismus durchaus identisch sein, sie müssen genau Ende gegen Ende gestellt sein und die Drehungsaxe muß senkrecht auf ihrer Länge stehen. Die Compensation ist schon ziemlich genau, wenn die Nadeln auch noch merklich verschieden sind, um jedoch jene so vollständig als möglich machen und die richtende Kraft nach Belieben größer oder geringer machen zu können, wenn man sie zum Theil dem System beider Nadeln erhalten will, pflegt Pouillet den Apparat so einzurichten wie Fig. 249. zeigt. Die eine der Nadeln ist horizontal, die andere geneigt. Wie sich diese Neigung ändert, nimmt die richtende Kraft der Magnetnadeln (genauer: ihre Fähigkeit von der Erde gerichtet zu werden) ab oder zu, und eine geringe Neigung wird hinreichen, die Ungleichheiten in beiden Nadeln unschädlich zu machen und einen vollständig aplanatischen Apparat herzustellen.

Die astatische Nadel von Schmidt ist Fig. 250. im Durchschnitte dargestellt. Sie dient namentlich auch zur Darstellung der Wirkung eines elektrischen Stromes auf die Magnetnadel. (Vergl. d. Art. Elektromagnetismus S. 174.) Die kreisförmige Scheibe AA von Messing, welche zum Fußgestelle dient, ruht auf drei messingenen Stellschrauben, damit man sie, vermöge einer aufgesetzten Libelle horizontal stellen könne. Aus der Mitte derselben erhebt sich, als Träger, ein schmales Parallelepipedum BB, das sich oben in zwei Backen endiget, die ein Charnier bilden, um dessen Mittelpunkt die an ihrem Rande ge=

zahnte runde Scheibe CC, durch die Schraube ohne Ende K, herumgetrieben werden kann. Die eine Seitenfläche der drehbaren Scheibe CC ist wenigstens zur Hälfte in Grade gehörig eingetheilt, und ein an dem Charnier befestigter Zeiger gibt die Stellung der Scheibe an. Ist diese auf 90°, wie die Figur annimmt, so befindet sich die Axe EE der Magnetnadel a b in einer horizontalen Lage; steht dagegen der Zeiger auf 0, so steht die Axe der Magnetnadel vertical, und die Nadel selbst bewegt sich dann in einer horizontalen Ebene. Auf ähnliche Art kann man der Axe der Magnetnadel eine jede beliebige Stellung gegen den Horizont geben. Um ihr jede beliebige Stellung gegen den magnetischen Meridian zu geben, darf man nur das Fußgestelle des Instrumentes auf einem vorher horizontal gestellten Kreisbrete oder Meßtische sanft umdrehen. Dabei bemerke man Folgendes. In der verlängerten Ebene des Charniers CC befindet sich ein hinlänglich starker Träger D, und quer durch denselben geht unter einem rechten Winkel ein messingener Rahmen EE. Von diesem Rahmstücke zeigt die Figur eigentlich nur die Querschnitte bei EE; zur bessern Erläuterung aber hat man durch die fein punktirten Linien den Längendurchschnitt des Rahmstückes angegeben, um anzudeuten, wie erstens die feine stählerne Axe der Magnetnadel in der Mitte derselben bei E, E ruht, und wie zweitens an dem Rande des Rahmes der eingetheilte Gradbogen, längs dessen die Magnetnadel spielt, bei c c befestigt ist. Die Axe der Magnetnadel sowohl, als auch der von 0 bis zu 180° laufende Durchmesser des eingetheilten Gradbogens befinden sich genau in der verlängerten Ebene des drehbaren Kreises CC. Gibt man diesem durch die Schraube K die Richtung, bei der die Axe der Magnetnadel eine verticale Richtung hat, und wendet das Instrument auf dem Reißbrete sanft um, bis die Nadel auf 0 oder einem beliebigen Abweichungspunkt einspielt, so kann man dann beim unveränderten Stande des Instruments, durch Umdrehung der Schraube A die Axe der Magnetnadel entweder in den magnetischen Meridian, oder unter jeden Winkel gegen denselben und gegen den Horizont stellen. Zur Versicherung, ob während eines Versuchs der Stand des Instrumentes sich nicht verändert habe, ist es gut auf dem Reißbrete, worauf das Ganze ruht, einen in 360 Grade getheilten Kreis zu verzeichnen, oder wenigstens ein Paar sich unter einem rechten Winkel schneidende gerade Linien zu ziehen, wovon die eine die magnetische Abweichung, die andere eine auf sie senkrechte Richtung angiebt. Legt man ein Lineal an einen auf der Fußplatte AA gezogenen Strich parallel mit der Ebene CC an, so muß die Schärfe des Lineals, wenn die horizontal spielende Magnetnadel auf 0 zeigt, mit der Linie im magnetischen Meridian, und wenn die Magnetnadel auf 90° weist, mit der auf dem magnetischen Meridian senkrechten Linie übereinstimmen. An den Enden des von 0 nach 180° laufenden Durchmessers des eingetheilten Gradbogens cc, sind zwei messingene Hülsen G, G angeschraubt, in welchen sich zwei Glasröhren H, H sanft auf und niederschieben lassen; sie dienen zur Befestigung des parallel über der Magnetnadel laufenden Leitungsdrahtes cd, oder eines dünnen 3 bis 4 Linien breiten Mes-

singstreifens FF. Dieser Streifen ist durchbrochen sowohl in der Mitte, wo die Axe der Magnetnadel frei spielen soll, ohne ihn zu berühren, als auch an den beiden Enden, wo man die Grade des eingetheilten Bogens und den Stand der Magnetnadel beobachten will. Die Magnetnadel ist aus einer Uhrfeder verfertiget, 2''' breit und 5'' pariser Maß lang. Ihre Axe besteht aus gehärtetem Stahl, und endiget in sehr feine Spitzen, welche in Pfännchen von Glockengut laufen. Die Güte des Werkzeuges hängt vorzüglich von der Empfindlichkeit der Magnetnadel, ihrer vollkommnen Aequilibrirung und der richtigen Stellung ihrer Axe ab. — Pfaff hatte durch Schmidt eine solche astatische Magnetnadel erhalten, bei welcher sich noch diese Einrichtung befand, daß die Scheibe CC, durch deren Bewegung die Magnetnadel in jede beliebige Richtung gegen den Horizont gebracht werden kann, statt an einem festen parallelepipedischen Träger, an einem hohlen Cylinder B befestigt war, der um eine feststehende Axe gedreht werden konnte, so daß man der Magnetnadel zugleich jede Richtung in der Schifferrose zu geben im Stande war. Deßwegen war auch die Fußplatte AA an ihrem kreisförmigen Rande genau eingetheilt, und ein von dem hohlen Cylinder ausgehender Zeiger wieß jedesmal den Stand genau an. — Wird die Scheibe CC so gestellt, daß der Zeiger auf 0 steht, so befindet sich der Kreis, an welchem die Nadel hin und her spielt, in einer verticalen, die Drehungsaxe der Magnetnadel hingegen in einer horizontalen Lage, und in dieser Stellung kann die Magnetnadel als Neigungsnadel dienen. Wenn nun die Nadel mit Hilfe des hohlen Cylinders B durch alle Grade der Fußplatte AA um seine Axe gedreht wird, so sieht man auf eine angenehme Art die Neigung der Nadel beständig sich verändern. Hierbei gibt es zwei Lagen, in welchen die Magnetnadel die größte Abweichung von der lothrechten Richtung hat, nämlich diejenigen (an jeder Seite des Kreises, durch welchen sie gedreht werden kann, eine), wo die Axe der Magnetnadel senkrecht auf die Ebene des magnetischen Mittagskreises steht, und mithin die Ebene, in welcher die Magnetnadel schwingt, mit dem magnetischen Mittagskreise zusammenfällt. Wird nun der Cylinder und damit die Ebene des Kreises und die Magnetnadel aus diesen Stellungen nach einer oder nach der andern Seite gedreht, so nimmt die Neigung in beiden Fällen bei gleicher Drehung um gleich viel ab, d. h. die Stellung der Magnetnadel nähert sich nach und nach der lothrechten, und wenn genau die Ebene des Kreises in die Richtung vom magnetischen Mittagskreise nach Osten gebracht worden, d. h. wenn die Ebene, in welcher nun die Magnetnadel schwingt, senkrecht auf die Ebene des magnetischen Mittagskreises ist, so kommt die Magnetnadel mit ihrem Nordpol genau auf 0, d. h. sie hat die lothrechte Richtung. Dieß ist zugleich das richtige Kennzeichen von der guten Beschaffenheit der Magnetnadel. Um dieses Instrument zu den damit anzustellenden Versuchen gehörig vorzubereiten, bringe man zuerst den Kreis mit der Magnetnadel in eine lothrechte Stellung, und bestimme durch Umdrehung des Cylinders B um seine Axe die vier Punkte in dem Umkreise der Platte AA, in deren zweien die Ebene, in welcher die Nadel schwingt, die Richtung des

magnetischen Mittagskreises, in den beiden andern die Richtung des magnetischen Aequators besitzt; hiernächst gebe man dem Kreise durch die Schraube K die nöthige Neigung, so daß die vorher horizontale Axe nun die Inclination habe, welche an diesem Orte die Neigungsnadel haben würde, und bringe den Kreis durch gehörige Drehung nach einem jener zwei Punkte in die Ebene des magnetischen Aequators. In diesem Falle hat die Axe der Magnetnadel die Richtung des magnetischen Mittagskreises, und die Nadel selbst schwingt in einer auf die Neigungsaxe senkrechten Ebene. Alle einwirkende Kraft der Erde hat nun aufgehört, und die Magnetnadel bleibt in jeder Lage, welche man ihr gibt, völlig ruhig.

Bringt man eine Stange von weichem Eisen, ein Meter lang, in die Richtung, in welcher die vereinigte Kraft der Erde gegen die Magnetnadel an dem Beobachtungsorte wirkt, in geringer Entfernung von den Polen einer frei aufgehängten Magnetnadel, so wird diese gerade ebenso afficirt werden, als wenn die Eisenstange ein Magnet wäre; das Ende, welches nach der Seite des Nordpols gerichtet ist, wird wie der Nordpol einer magnetisirten Stange wirken, und das andere wie ein Südpol. Kehrt man die Stange um, so ist die Wirkung noch dieselbe. So ist die Stange unter dem Einflusse der Erde ein Magnet geworden, wie wenn ihre beiden Enden zwischen die entgegengesetzten Pole zweier Magnete gebracht gewesen wären. Von dieser Ursache muß man die Magnetisirung ableiten, welche die senkrechten eisernen Röhren, welche lange Zeit an den Gebäuden aufgerichtet bleiben, annehmen. Das Eisen oxydirt und bleibt lange den Veränderungen der Temperatur ausgesetzt, es verhärtet und wird geschickt, den Magnetismus festzuhalten, welchen die Erde darin fortwährend durch ihren Einfluß entwickelt. Diese Ursache ist es jedoch nicht allein, welche die magnetische Polarität in diesen Röhren erzeugt, eine andere ist die atmosphärische Elektricität. (S. d. Art. Elektromagnetismus.)

Auch die Magnetisirung des weichen Eisens durch Drehung und Erschütterung erklärt sich aus der Wirksamkeit des Erdmagnetismus; überhaupt alle mechanische Wirkungen, welche das Eisen zu härten vermögen, begünstigen das Festhalten des Magnetismus, welcher sich durch den Einfluß der Erde darin entwickelt.

Indem die Erde als ein Magnet gegen eine Magnetnadel wirkt, um ihr eine bestimmte Richtung zu geben, so muß sie einen ihrer Pole anziehen, indem sie den andern abstößt. Weil ferner der Erdmagnetismus an allen Punkten der Erde wirksam auftritt, so ist klar, daß ihr Sitz oder vielmehr der Mittelpunkt ihrer Wirksamkeit in einer gegen die Dimensionen der Nadel unendlichen Entfernung sich befindet. Diese Kraft wirkt gegen jeden Punkt der Nadel, und denken wir uns die Richtungen, in denen sie gegen jeden dieser Punkte wirkt, durch Linien bezeichnet, so werden wegen jener unendlichen Entfernung aus welcher die Wirkung geschieht, diese Linien sämmtlich unter einander parallel sein müssen. Gegen die eine Hälfte der Nadel wirkt demnach die Erde in unter einander parallelen Richtungen anziehend, während

sie in jenen entgegengesetzt und unter sich ebenfalls parallelen Richtungen gegen die andere Hälfte abstoßend wirkt. Sämmtliche unter sich parallel wirkende abstoßende Kräfte, lassen sich in Eine vereinigt vorstellen, welche ihnen ebenfalls parallel ist, d. h. indem alle diese Kräfte gemeinschaftlich parallel wirken, wird ihre Gesammtwirkung dieselbe sein, wie die einer in Einem bestimmten Punkte gegen die Nadel parallel mit jenen wirkenden Kraft. Eben so läßt sich die Gesammtwirkung aller unter einander parallelen anziehend wirkenden Kräfte, als die Wirkung Einer mit jenen parallelen, gegen einen bestimmten Punkt gerichteten Kraft vorstellen. Die beiden Systeme von Kräften, welche gegen eine Magnetnadel wirken, das eine anziehend, das andere abstoßend, lassen sich also zurückführen auf zwei im entgegengesetzten Sinne parallel mit einander gegen bestimmte Punkte (Angriffspunkte) der Nadel wirkende Kräfte (Resultanten*)). Jede Resultante ist, da sie allein die Wirkung der gesammten parallel in demselben Sinne wirkenden Kräfte hervorzubringen hat, gleich der Summe dieser Kräfte. Die Summe der abstoßenden Kräfte ist dem Wesen des Magnetismus gemäß gleich der Summe der anziehenden, und daher sind auch die Resultanten gleich. Die Kraft welche abstoßend gegen einen bestimmten Punkt der Nadel wirkt, ist gleich der Kraft, welche gegen einen anderen Punkt derselben anziehend wirkt. Die beiden Resultanten sind folglich parallel, entgegengesetzt und gleich, und ihre Gesammtwirkung ist daher nur abhängig von der magnetischen Kraft der Magnetnadel (eben so jedes Magnetes) und der Intensität der magnetischen Kraft der Erde. Diese Thatsache, daß ein Magnet durch die Erde eine Abstoßung und Anziehung erleidet, welche stets gleich sind, und daß er folglich immer gerichtet, aber niemals weder angezogen noch abgestoßen wird, läßt sich durch zwei interessante Versuche veranschaulichen. Man wäge eine unmagnetische Stahlnadel, magnetisire sie hierauf bis zum höchstmöglichen Grade und wäge sie aufs Neue. Es zeigt sich, daß das Gewicht der Nadel auch nicht im Geringsten weder zugenommen noch abgenommen hat. Wären aber die beiden gegen die Magnetnadel wirkenden Kräfte nicht gleich, so würde sich aus beiden vielleicht eine senkrechte Resultante ergeben, entweder in der Richtung von oben nach unten, und dann müßte die magnetisirte Nadel beim Wägen schwerer, oder in der Richtung von unten nach oben, und dann müßte die magnetisirte Nadel leichter als die unmagnetisirte sich zeigen. Aber auch nicht eine horizontale Resultante gibt es, wie der zweite Versuch lehrt. Man lege eine Magnetnadel auf ein Stück Kork und lasse sie mit diesem auf einer Wasserfläche schwimmen. Gäbe es eine horizontale Resultante so würde sie den Apparat nach Einer Seite hin in Bewegung setzen, bis er auf einen die weitere Bewegung hindernden Gegenstand träfe. Aber man bemerkt keine derartige Bewegung; die Magnetnadel richtet sich, und verharrt dann unbewegt in dieser Richtung. Auch mit folgenden

---

*) S. d. Art. Resultante.

feineren Apparaten läßt sich das Nichtvorhandensein einer horizontalen Resultante darthun. Man hänge einen Streif aus einem Kartenblatt geschnitten oder ein kleines sehr leichtes Bretchen an einen ungedrehten Seidenfaden auf (Fig. 251.). Nach Herstellung des Gleichgewichtes, wenn das Bretchen gut horizontal ist, lege man auf die eine Seite eine Magnetnadel AB, und auf die andere ein kleines Gegengewicht P, so daß das Gleichgewicht hergestellt wird, und man wird bemerken, daß sich die Magnetnadel stets in die Richtung des magnetischen Meridians stellt. Gäbe es eine horizontal wirkende Kraft, wie klein sie auch sein möchte, so würde sie das Bretchen zur Umdrehung um den Faden bringen, und die auf diese Weise aufgehangene Nadel, würde nicht mehr dieselbe Richtung annehmen können, welche sie auf einen Stift gestellt, oder über ihrem Schwerpunkte aufgehängt annehmen würde.

Die beiden Angriffspunkte der beiden erwähnten magnetischen Resultanten der Erde, können in einem Magneten nur bestimmt werden, wenn man die Vertheilung des Magnetismus zu beiden Seiten der durch seine Mitte gehenden Linie kennt. Die Nadeln, deren man sich bei den Versuchen bedient, sind im Allgemeinen symmetrisch in Bezug auf eine Längenaxe und in Bezug auf eine durch sie gelegte Ebene, denn in der Regel haben sie entweder die Gestalt eines Cylinders, oder eines Prisma's, oder einer lang ausgezogenen Raute oder eine andere ähnliche Form, und wenn die Magnetisirung regelmäßig ist, so theilt eine mittlere Linie die Nadel in zwei gleiche Hälften, und auf der einen Seite ist der südliche Magnetismus genau eben so vertheilt, wie auf der andern der nördliche. Unter dieser Voraussetzung müssen offenbar die beiden Angriffspunkte jener beiden Resultanten der Erdkraft auf der (mathematischen) Axe der Nadel sich befinden und in gleichen Abständen von den Enden derselben. Die beiden Angriffspunkte der Resultanten sind die zwei **Pole des Magneten**; in diesem Sinne sind die Pole in Bezug auf den Magnetismus dasselbe, was in Bezug auf die Schwere der Schwerpunkt ist. Die beide Pole verbindende gerade Linie heißt die **magnetische Axe**. Unter den oben angegebenen Voraussetzungen einer durchaus regelmäßigen Magnetisirung fällt die magnetische Axe mit der Axe der Gestalt des Magnetes zusammen. Gewöhnlich aber ist die Magnetisirung nicht so völlig regulär, daß nicht die magnetische Axe in eine etwas andere Richtung als die mathematische fiele. Da sich nun jeder freischwebende Magnet mit seiner magnetischen, nicht aber mit seiner mathematischen Axe in die Ebene des magnetischen Meridianes stellt, so ist es von großer Wichtigkeit genau zu wissen, welches die eigentliche Richtung der magnetischen Axe sei, oder w. d. welch einen Winkel die magnetische Axe mit der mathematischen eines bestimmten Magnetes macht. Dieß zu erforschen dient die **Methode der Ummwendung**, welche im Art. **Compaß** S. 390. beschrieben ist.

Man kann annehmen, daß jede der beiden angeführten Resultantanten des Erdmagnetismus, in zwei andere zerlegt sei, die eine in der Richtung der (Declinations-) Magnetnadel, und die andere senkrecht

auf ihre Richtung. Die beiden senkrecht wirkenden Kräfte bringen keine Bewegung der Nadel hervor, weil sie sich nur in einer horizontalen Ebene bewegen kann; die beiden andern, welche in der Richtung der Nadel wirken, in entgegengesetztem Sinne, führen sie stets in die Ebene des magnetischen Meridianes zurück, wenn man sie aus derselben heraus führt, mit einer Geschwindigkeit, welche von der Kraft des Erdmagnetismus und von dem freien Magnetismus der Nadel abhängt. Diese Geschwindigkeit wird aus der Anzahl von Oscillationen gemessen, die sie in einer gegebenen Zeit ausführt. Die Magnetnadel verhält sich in Bezug auf die magnetischen Kräfte der Erde wie ein Pendel in Bezug auf die Schwere, und die beim Pendel in Bezug auf die Schwere sich ergebende Formel wird sich daher auch zu Bestimmung der Intensität der magnetischen Kräfte anwenden lassen. S. d. Art. Pendel. Man bedient sich einer Declinationsnadel (s. Abweichung, magnetische) welche regelmäßig magnetisirt ist, und in welcher der Magnetismus keine Veränderung erleidet, nicht allein nicht während Eines Versuches, sondern auch nicht während aller folgenden mit ihr anzustellenden Versuche; denn die geringste Aenderung würde von Einfluß auf Intensität und Angriffspunkt der durch die Resultante ausgedrückten magnetischen Kraft sein. Man läßt die Nadel an verschiedenen Punkten der Erdkugel oscilliren; die Verschiedenheit in der Geschwindigkeit der Oscillationen kann nun nur von Veränderungen herkommen, welche in der Intensität des Erdmagnetismus vorfallen, weil der Magnetismus der Nadel sich nicht geändert hat. Nun verhalten sich aber die Kräfte, welche nach einander gewirkt haben, wie die Quadrate der Anzahlen von Oscillationen welche in derselben Zeit zurückgelegt worden; und auf diese Weise kann man die Veränderungen bestimmen, welche die Intensität des Erdmagnetismus an verschiedenen Punkten der Erdkugel erleidet. Ist z. B. M die magnetische Kraft, welche auf die Nadel wirkt, wenn sie N Oscillationen in einer gewissen Zeit, z. B. in 100'' macht, und bezeichnet M' die sie erregende Kraft, wenn sie N' Oscillationen in derselben Zeit von 100'' macht, so ist $M : M' = N^2 : N'^2$, und wäre $N = 25$, $N' = 24$ so wäre $M : M' = 625 : 576$; $\frac{M}{M'} = 1{,}085$, die erste Kraft verhielte sich zur zweiten wie $1{,}085 : 1$. — Um des Resultates sich zu vergewissern läßt man auf die nämliche Weise die Neigungsnadel (s. d. Art. Neigung, magnetische) nach jeder Seite ihrer Gleichgewichtsstellung oscilliren, indem man sie mehre Grade aus derselben entfernt. Man muß den angegebenen Versuch eine bestimmte Anzahl Male wiederholen mit mehren Nadeln, welche einander zur Bestätigung dienen, und aus allen Resultaten das Mittel nehmen. Um ganz gewiß zu sein, daß die Nadeln nicht an Magnetismus verloren haben, muß man zu den Orten, an denen man schon den Versuch einmal angestellt, zurückkehren, um die Versuche zu erneuern, ob sich dieselben Resultate ergeben. Die angegebene Methode die Kraft zu finden, welche die Oscillation der Declinationsnadel bestimmt, ist nicht auf solche Orte anwendbar, wo die Nei-

gung sehr groß ist, wie in der Nähe der magnetischen Pole, weil dort die gesuchte Kraft sehr gering ist. Man nimmt daher hier zu einer andern Methode seine Zuflucht. *)

Da auch der beste Stahl seinen Magnetismus nicht ohne alle Schwächung längere Zeit behält, so kann man unmöglich sehr genaue vergleichende Bestimmungen über die Intensität des Erdmagnetismus für Zeiträume von einiger Dauer haben. Der erste, welcher sich mit der Bestimmung des Erdmagnetismus an verschiedenen Punkten der Erde beschäftigte, war Graham (1722). Nach ihm haben sich viele andere mit diesen Bestimmungen abgegeben, aber Borda gab zuerst eine genaue Methode an, welche nachher von Humboldt auf seinen Reisen in Amerika und nachher in Preußen, Frankreich und Italien angewandt wurde. Vergleicht man alle die verschiedenen Beobachtungen, welche auf verschiedenen Punkten der Erde gemacht worden sind, in Europa, Amerika, auf den Inseln des Oceans, des stillen Meeres u. s. w., so kommt man zu dem allgemeinen Resultate, daß die Intensität am kleinsten ist gegen den magnetischen Aequator d. h. gegen diejenige Ebene, welche die magnetischen Meridiane der Erde in einer Entfernung von 90° von den magnetischen Polen durchschneidet und auf sämmtlichen Meridianen senkrecht steht. Je weiter man sich von hier gegen Norden oder Süden entfernt, desto stärker wird die Intensität des Erdmagnetismus. Wie es scheint ist sie um die Pole ungefähr $1\frac{1}{2}$ mal so groß als um den Aequator. Sie verändert sich auch an dem nämlichen Orte mit den täglichen Variationen im Stande der Magnetnadel, aber diese Veränderungen sind so gering, daß, um sie zu bestimmen, noch weitere genauere Beobachtungen nöthig sind.

Es gibt sehr viele natürliche Ursachen, welche auf die Magnetnadel wirken, indem sie sie stark aus ihrer Richtung herausbringen oder wenigstens den Verlauf ihrer täglichen Variationen stören; am stärksten und am unfehlbarsten wirkt in dieser Beziehung das Nordlicht. Bei Entstehung dieses Phänomens in nördlichen Gegenden ist der ganze Himmel leuchtend und während der ganzen Dauer dieser Erscheinung (zuweilen 10 bis 12 Stunden) ist die Magnetnadel in fortwährender

---

*) Bezeichnet im Allgemeinen i den Neigungswinkel eines Ortes (Fig. 252.), so zerlegt sich die Kraft der Erde, deren Intensität M ist, in zwei andere Kräfte (nach dem Parallelogramm der Kräfte); die eine senkrechte hat den Werth M sin. i, und ist durch die Art der Aufhängung der Nadel aufgehoben, die andere horizontale hat den Werth M cos. i, und sie ist es, welche die Nadel richtet und ihre Oscillationen bewirkt. Für einen anderen Ort, wo die Intensität M′ ist und der Neigungswinkel i′, ist die horizontale Kraft M cos. i′. Beide Kräfte verhalten sich wie die Quadrate der Anzahl der Oscillationen N an dem einen Orte und N′ an dem andern (in derselben Zeit). Man hat also $N^2 : N'^2 = M \cos. i : M' \cos. i'$ also $M : M' = N^2 \cos. i' : N'^2 \cos. i$ oder $\frac{M}{M'} = \frac{N^2 \cos. i'}{N'^2 \cos. i}$.

Erregung und weicht oft sehr bedeutend von ihrer gewöhnlichen Stellung ab. Die Spitze, der Gipfel des strahlenden Bogens des Nordlichtes befindet sich gewöhnlich in dem magnetischen Meridiane und die Krone desselben, nämlich der Heerd, nach welchem sich die Feuergarben hin ausbreiten, befindet sich immer in der Nähe der Verlängerung der Neigungsnadel. Nicht allein in den Orten, wo das Nordlicht sichtbar ist, wird die Magnetnadel durch dasselbe erregt; diese Erregung ist auch in sehr großen Entfernungen merkbar. So z. B. bemerkt man in Paris eine Beunruhigung der Magnetnadel fast genau zu derselben Zeit, während welcher z. B. in Petersburg ein Nordlicht beobachtet wird. Im allgemeinen ist aber die Erregung der Magnetnadel um so stärker, je näher das Phänomen ist und tritt mit um so größerer Intensität auf. Auch die Erdbeben und die vulkanischen Eruptionen scheinen auf die Magnetnadel zu wirken, und zuweilen bringen diese Phänomene selbst eine dauernde Veränderung in der Stellung der Magnetnadel hervor.

Bernouilli beobachte 1767, daß ein Erdbeben die Neigung der Magnetnadel um einen halben Grad verminderte und la Torre hat während eines Ausbruchs des Vesuv's Aenderungen von mehren Graden in der Abweichung der Magnetnadel beobachtet. Auch Orkane, heftige Schneegestöber und Regengüsse sollen nicht ohne Einfluß auf den Stand der Magnetnadel sein. Besonders merkwürdig ist die öfters gemachte Erfahrung, daß, wenn ein Blitzstrahl einen Magnet trifft, oder selbst dann, wenn er nur in seiner Nähe einschlägt, der Magnetismus desselben verändert, zerstört oder umgekehrt wird. So ist am Bord von Schiffen, den Seefahrern selbst unbemerkt, durch einen Blitz die Polarität der Magnetnadel des Compasses, nach welchem gesteuert wird, umgewendet worden, und indem hierauf von den Schiffern Süden und Norden verwechselt wurde, kamen sie in die gefährlichsten Lagen, indem sie nun viel schlimmer als ganz ohne Compaß sich verirren mußten.

Jeder Magnet hat zwischen seinen entgegengesetzten Polen einen Punkt, an welchem er sich völlig unmagnetisirt zeigt, wo er also auch gegen eine genäherte Magnetnadel keine, weder anziehende noch abstoßende Kraft äußert, sich indifferent zeigt. Dieser Punkt heißt daher der Indifferenzpunkt. Zerbricht man einen Magnet in seinem Indifferenzpunkte so erhält man keinesweges, wie man vielleicht erwartete, ein nur nordpolarisches und ein nur südpolarisches Stück jedes mit einem indifferenten Ende, sondern jedes dieser Stücke ist, wie schon erwähnt wurde, polarisch. So findet sich also an der einen Hälfte, da wo früher ein Indifferenzpunkt war, jetzt ein Südpol, und am anderen Stücke, da wo früher ein Indifferenzpunkt war, ein Nordpol, und so erscheint uns dann der Indifferenzpunkt als ein Punkt, der zugleich Nordpol und Südpol ist. Hieraus ist auch erklärlich, warum dieser Punkt gegen eine Magnetnadel sich ganz unwirksam zeigt, denn mit derselben Kraft, mit welcher er sie als Norpdol z. B. anzieht, stößt er sie als Südpol ab d. h. bewegt sie eben gar nicht. Bei weichem Eisen verhalten sich alle Punkte als Indifferenzpunkte. So kommen wir zu der allgemeinen Ansicht, daß alles nicht polarische (magnetische aber

nicht magnetisirte) Eisen solches ist, bei dem in jedem Punkte beide Magnetismen, der nördliche und der südliche in gleicher Stärke vorhanden sind und einander gegenseitig binden, während beim polarischen (magnetisirten) Eisen diese beiden Magnetismen so auseinandergeführt sind, daß sie nur in der Mitte als von gleicher Stärke einander binden, nach dem einen Pole zu aber der eine Magnetismus, nach dem anderen Pole zu der andere Magnetismus vorherrscht. Alles Eisen, auch Kobalt, Nickel enthält folglich beide Magnetismen und es kommt nur darauf an, die (gewöhnlich sich gegenseitig bindenden) Magnetismen durch irgend ein Mittel zu trennen um es polarisch, den Magnetismus frei zu machen; ist diese Trennung bleibend so hat man einen Magnet.

Es ist schon eine Art weiches Eisen polarisch zu machen angegeben worden: Berührung mit dem Pole eines Magnetes. Ist der berührende Pol ein Nordpol und hat das weiche Eisen die Form einer Stange, deren eines Ende vom Magnet berührt wird, so entsteht gegen dieses Ende hin ein Südpol, während das andere Ende sich nordpolarisch zeigt. Es scheint also als hätte der Nordpol des Magneten die Kraft allen südpolarischen Magnetismus der weichen Eisenstange an sich zu ziehen, wodurch aller nordpolarische Magnetismus derselben gegen das andere Ende der Eisenstange getrieben wird. Nimmt man den berührenden Magneten hinweg, so breiten sich beide entgegengesetzte Magnetismen wieder in der Eisenstange aus und binden sich gegenseitig in ihren Wirkungen.*) Hier gleichen die entgegengesetzten Magnetismen recht auffällig zweien Flüssigkeiten, die bald in der Trennung von einander auf-

*) Folgende Versuche dienen noch zur Bestätigung der erörterten Gesetze des Magnetismus. Hängt man zwei stählerne Nadeln an feinen Fäden dicht neben einander auf, so werden diese, sobald man einen oder den andern Pol eines etwas starken Magnetes ihnen von unten nähert, von einander fahren und sich zurückstoßen. Die Nadeln erhalten nämlich an ihren Enden durch den Wirkungskreis des Magneten einerlei Magnetismus. — Hängt man an den einen Pol eines Magneten ein so großes Gewicht, als er nur tragen kann, so fällt dieses ab, sobald man ein Stück Eisen jenem Pole nahe genug bringt, weil der nächste Theil des Eisens durch die Vertheilung entgegengesetzt polarisch wird und also das Gewicht zurückstößt. Bringt man aber unter das Gewicht, welches der Magnet trägt, eine eiserne Platte, so ist nun der Magnet im Stande, noch etwas mehr zu tragen. Gesetzt nämlich der tragende Pol sei nordpolarisch, so erregt er in dem oberen Theile des eisernen Gewichtes Südpolarität, im unteren Nordpolarität, die unten liegende Eisenplatte wird wieder südpolarisch, wirkt dadurch auf das Gewicht zurück, macht sein oberes Ende noch stärker südpolarisch, und dieses hängt daher um so fester an dem Magneten. Daher kann man z. B. von einem Ambos mehr Eisen mittelst eines Magnetes aufheben, als von einem hölzernen Tische. Noch größer wird die Tragkraft des Magnetes, wenn man ein Gewicht von dem entgegengesetzt polarischen Ende eines zweiten Magnetes aufhebt.

treten und erscheinen, bald sich mit einander zum Verschwinden einer jeden einzelnen (zum Indifferentismus) verbinden.

Die Erde übt nun einen ununterbrochenenen Einfluß auf alle Substanzen aus, welche Magnetismus enthalten. Sie wirkt wie ein gewaltig großer Magnet, der immer bemüht ist, eine Trennung der magnetischen (für gewöhnlich sich gegenseitig bindenden) Flüssigkeit hervorzubringen. Je nach ihrer verschiedenen Fähigkeit den Magnetismus zurückzuhalten, (wodurch sich magnetisirbare und magnetische Körper unterscheiden, s. oben), geben die Magnetismus enthaltenden Körper in mehr oder weniger starkem Grade dem Einflusse der Erde nach. Weiches Eisen erleidet am leichtesten Trennung des entgegengesetzten Magnetismus, und hebt diese Trennung am leichtesten wieder auf. Daher zeigt sich an ihm am deutlichsten der magnetisirende Einfluß der Erde. Eine Stange weichen Eisens von zwei bis drei Fuß Länge werde in die Nähe einer kleinen aufgehangenen Magnetnadel gebracht, welche zur Beobachtung des magnetischen Zustandes dient. Wenn die Stange senkrecht oder ungefähr in der Richtung der Neigung gehalten wird, so nimmt sie an ihrem unteren Ende einen Nordpol und an ihrem oberen Ende einen Südpol an, wie man dieses mit Hilfe der Magnetnadel wahrnimmt. Daß hier nur der Erdmagnetismus in der Stange weichen Eisens die Polarität erregt, sieht man aufs deutlichste daraus, daß wenn man die Stange jetzt umdreht, der Nordpol wieder der untere, der Südpol der obere ist, also das früher nordpolarische Ende jetzt einen Südpol, das südpolarische einen Nordpol erhalten hat. Je kürzer die Eisenstange desto unmerklicher wird die Polarität, welche sie durch Einfluß des Erdmagnetismus annimmt. Daher ist auch bei einer horizontalen Lage der Stange und namentlich in einer Stellung senkrecht auf die Ebene des Meridianes eine Trennung der Magnetismen nicht zu bemerken. Unter dem Einflusse des Erdmagnetismus werden hiernach alle magnetischen Substanzen zu wirklichen Magneten, aber ohne daß sich die Pole in ihnen fixiren, so daß jede Veränderung ihrer Lage vielmehr von einer Veränderung in der Lage der Pole begleitet ist. Hieraus sieht man welch eine große Vorsicht man anwenden müsse, wenn man genaue Beobachtungen an einer Magnetnadel anstellen will; denn das Eisen welches bei der Herstellung jedes Gebäudes verwendet wird, wirkt in zweifacher Art gegen die Magnetnadeln, nämlich durch die magnetische Zerlegung (im oben angegebenen Sinne), welche es durch die Nadel selbst erleidet, und vorzüglich durch die getrennten Magnetismen, welche durch den Einfluß der Erde fortwährend geschieden gehalten werden.*) — Schon oben wurde bemerkt, daß man durch einen Schlag mit einem Hammer die Polarität einer Stange weichen

*) Zu Anstellung genauerer Beobachtung der Magnetnadel, namentlich in Bezug auf Abweichung und Neigung, sind in neuerer Zeit z. B. in Göttingen eigene magnetische Observatorien errichtet, freistehende Gebäude, an denen alles Eisen vermieden ist, und dasjenige was an Gebäuden sonst aus Eisen gefertigt wird, aus Kupfer hergestellt ist.

Eisens wenigstens zum Theil fixiren könne, so daß sie sich einige Stunden erhält, und daß sich diese Polarität durch einen Schlag im entgegengesetzten Sinne umkehren läßt. Die Verwandlung des Eisens in Magnet wurde zuerst von einem gewissen Jul. Cäsar, Chirurg in Rimini um das J. 1590 beobachtet, an einer Eisenstange welche einem Gemäuer an der Spitze eines Kirchthurmes zur Unterstützung gedient hatte. Später um 1630 machte Gassendi die nämliche Beobachtung an dem Kreuze des Glockenthurmes von St. Johannes zu Aix, welches durch einen Blitzstrahl herabgeschleudert worden war; der Fuß desselben war verrostet und zeigte alle Eigenschaften eines Magnets.*) Man hat seitdem die allgemeine Bemerkung gemacht, daß ein Stück Eisen, welches ein wenig verrostet ist, fast immer ein mehr oder weniger starker Magnet ist, daß es sich eben so mit Gußeisen, Stahl und andern magnetischen Substanzen verhalte, und endlich, daß die Oxydation zur Selbstmagnetisirung eines Eisenkörpers nicht nothwendig ist, sondern daß man um dieß zu bewirken ihn nur einer mechanischen Wirkung auszusetzen brauche, wie Schlagen, Drehen, Feilen u. s. w. In allen diesen Fällen sind es nicht sowohl die chemischen oder mechanischen Veränderungen, welche die Magnetisirung bewirken, wie wohl gesagt worden ist, sondern der Einfluß des Erdmagnetismus, und nur die den Magnetismus in seinem polarischen Gegensatz zurückhaltende Kraft, wird durch mechanische oder chemische Veränderungen in den Bestandtheilchen des Eisens erzeugt. Um sich hiervon zu überzeugen hat Pouillet die Grade des Magnetismus verglichen, welche die Körper gemäß der Lage, die man ihnen in Bezug auf die Richtung der Erdkraft gibt, annehmen. In der senkrechten Stellung magnetisiren sich die Körper stark, sowohl durch Oxydation als durch mechanische Wirkungen, und der Nordpol findet sich immer am unteren Ende. In mehr geneigten Stellungen ist der Erfolg geringer, aber immer so, daß er durch den Nordpol der Erde, welcher in unseren Gegenden der vorherrschende ist, bestimmt erscheint. Man kann sogar nach diesen Angaben sehr kräftige Magnete aus Eisendraht, Eisenstangen und Stahlstangen in allen Größen herstellen. Um Eisendraht ohne Magnet zu magnetisiren, schneide man etwa 30 bis 40 Enden z. B. von 1 F. Länge, halte diese in verticaler Richtung und drehe sie um sich selbst einen am andern, bis sie starr und brüchig werden. Jedes Drahtende wird stark magnetisch, und man vereinigt sie hernach wieder in zwei Bündel, mit denen man in noch näher anzugebender Weise die größten Stangen magnetisirt. Um Stangen von Eisen oder Stahl ohne Magnet zu magnetisiren, genügt es jene in verticaler Richtung zu halten und zu schlagen, und diese in demselben Sinne mit einer verticalen Eisenstange zu reiben. — Da die natürlichen Magnete nichts weiter als Eisenoxyde sind, so ist es wahrscheinlich, daß sie ihre magnetischen Eigenschaften dem Einflusse der Erde verdanken, der im Augenblicke ihrer Bildung auf sie gewirkt hat. Denn die jetzt existirenden Eisenminen sind nicht mit der Erde zugleich

*) Hier konnte auch der Blitzstrahl die Magnetisirung bewirkt haben.

entstanden und ohne anzunehmen, daß bei seiner Entstehung das Eisen im reinen und metallischen Zustande sich befand, ist es gewiß, daß die Verbindungen, welche es auf der Oberfläche der Erde und in der ganzen Ausdehnung der ganzen Erdkruste, welche wir kennen, eingegangen ist, nicht immer die waren, welche sie jetzt sind. Durch die fortwährende chemische Veränderung, welche in der ganzen Natur vor sich geht, werden die Bestandtheile der Körper auf die mannigfachste Weise zu neuen Verbindungen bestimmt und in ihrer gegenseitigen Anordnung verändert. Solche Veränderungen gehen auch fortwährend in den magnetischen Eisenminen vor sich, so daß in jedem Augenblick magnetische Eisenminen entstehen und vergehen, wie solches durch chemische Veränderungen und durch den fortwährenden Einfluß des Erdmagnetismus bestimmt wird. Nicht also nur wird das Eisen durch einen schon vorhandenen Magnetismus magnetisirt, sondern auch durch die Erde geht eine fortwährende Bildung von Magneten vor sich. Als die großartigste (und vielleicht einzige) Quelle des Magnetismus ist in neuerer Zeit die Elektr. erkannt werden, worüber weitläuftig im Art. Elektromagnetismus gehandelt worden.

Um die magnetischen Kräfte mit einander zu vergleichen, bietet sich als einfachstes Mittel dieß dar: die natürlichen oder künstlichen Magnete mit einem Stück Eisen in Berührung zu setzen, und dieses nach und nach mit immer mehr Gewichten zu beschweren bis zu dem Punkte, wo diese das Eisen vom Magnet abreißen. Das Gesammtgewicht gibt dann die Grenze der magnetischen Kraft eines Magnetes. Dieses Verfahren ist jedoch wie leicht einzusehen, nur geringerer Genauigkeit fähig und daher ungenügend, dennoch war es bis zum Jahre 1780 fast allein im Gebrauch. Erst durch Coulomb kamen bessere Messungsmethoden der magnetischen Kraft in Anwendung. Derselbe bediente sich zweier verschiedener Mittel die Kraft der Magnete zu messen: 1) der Oscillationen einer Magnetnadel, die an einem Faden ungedrehter Seide aufgehängt war; 2) der Drehung feiner Drähte von Kupfer oder Silber in einem Apparat, welcher nach ihm die Coulombische Drehwage heißt, und welche in ihrer allgemeinen Einrichtung im Art. Drehwage beschrieben ist.

Was die erste Methode betrifft, so wurde schon oben bemerkt, daß ein unter dem Einfluß des Erdmagnetismus oscillirender Magnet mit einem zusammengesetzten Pendel verglichen werden kann. Um daher den absoluten Werth der Kraft welche ihn in Bewegung setzt zu finden, genügt es, sein Trägheitsmoment in Bezug auf die Aufhängungsaxe (den Widerstand, welchen er den auf ihn wirkenden Kräften entgegensetzt), die genaue Lage der Pole oder seiner magnetischen Mittelpunkte und die Anzahl der Oscillationen, welche er in einer gegebenen Zeit macht, zu kennen. Aber die absolute Kraft, vermöge welcher ein Magnet seine Oscillationen vollendet, hängt zugleich ab von der Intensität des Magnetismus, welchen er besitzt, und von der Intensität des Magnetismus, welchen der auf ihn wirkende Körper besitzt. Denn wenn die eine oder die andere dieser Intensitäten z. B. verdoppelt wird, so wird auch die sich ergebende Kraft doppelt sein und sie

wird vervierfacht werden, wenn beide Intensitäten, die eine sowohl als die andere, verdoppelt werden. Da wir eine magnetische Intensität nicht auf eine absolute Weise bestimmen können, weil uns ein absolutes Maß derselben abgeht, so sind wir darauf verwiesen die Gesammtresultanten, welche die Bewegung hervorbringen, unter einander zu vergleichen. Dann wird die Aufgabe einfacher, denn wenn die Veränderungen in der Intensität nicht merkliche Veränderungen in der Stellung der Pole hervorbringen, so bleiben sowohl die Drehungsaxe als die Trägheitsmomente unverändert, und man kann sich daher auf das Princip stützen, daß die magnetischen Kräfte, welche auf einen Magnet wirken, sich untereinander, wie die Quadrate der Zahlen der Oscillationen verhalten, welche der Magnet in einer gegebenen Zeit macht. Hiernach können wir die magnetischen Kräfte, welche ein Körper besitzt, vergleichen, sowohl wenn er selbst oscilliren kann, als auch, wenn er in bestimmten Stellungen fest verharren muß.

1. Um den magnetischen Zustand einer Nadel festzustellen, hängt man sie horizontal in eine Kapsel von Papier oder Metall an einen ungedrehten Faden*) und zählt die Anzahl N von Oscillationen, welche sie in einer gegebenen Zeit macht, z. B. in 10 Minuten unter dem alleinigen Einflusse der Kraft der Erde. Hat man darauf durch verschiedene Mittel die Intensität des Magnets verändert, ohne allemal die Stellung seiner Pole zu verändern, und will man diesen zweiten Zustand mit dem ersten vergleichen, so genügt es, die Nadel in derselben Weise aufzuhängen und aufs neue die Zahl N′ der Oscillationen zu zählen, welche sie in derselben Zeit von 10 Minuten macht. Bezeichnet M die zu N gehörige magnetische Intensität, M′ die zu N′ gehörige, so ist $M : M' = N^2 : N'^2$. Hat man z. B. für den ersten Fall $N = 71$, und für den zweiten $N' = 100$, so ist $M : M' = 5041 : 10000$, d. h. $\frac{M}{M'} = \frac{5041}{10000} = 0{,}5041$; die zweite Kraft ist also beinahe noch einmal so stark als die erste. Hierbei ist vorausgesetzt, daß die Wirkung der Erde in beiden Fällen dieselbe ist, welches ziemlich genau richtig für kleine Zeitintervalle und für denselben Ort der Beobachtung ist.**)

2. Um die verschiedenen Grade der Kraft eines Magneten zu vergleichen, welcher nicht so aufgehangen werden kann, daß er selbst zu

*) Um diesen Fäden eine bedeutende Stärke zu geben, vereinigt man mehre Coconfäden, so daß sie sich in paralleler Lage neben einander befinden, spannt sie vermittelst eines an sie befestigten Gewichtes gleichmäßig aus, und benetzt sie wiederholt mit Gummiwasser, indem man sie von oben nach unten zwischen die Finger preßt. Man läßt das Gewicht hängen, bis die Fäden trocken und wohl geleimt sind.

**) Eine verbesserte und genauere Methode die Schwingungszeiten der Magnetnadel zu beobachten und die Größe ihrer Abweichungen zu messen, anwend-

oscilliren vermag, läßt man ihn in jedem seiner verschiedenen magnetischen Zustände auf eine kleine frei aufgehangene Nadel wirken. Diese muß eine bedeutende den Magnetismus an sich haltende Kraft haben, damit ihr Magnetismus nicht durch den Einfluß des auf sie wirkenden Magneten modificirt werde. Der Zustand dieser Nadel unter dem alleinigen Einfluß der Erde muß bestimmt werden. N bezeichne die Anzahl von Oscillationen welche sie in einer gegebenen Zeit macht, unter dem Einfluß der auf sie wirkenden magnetischen Kraft M; N′ bezeichne die Anzahl von Oscillationen, die sie unter dem gleichzeitigen Einflusse der Erde und des Magneten macht, M′ die Summe beider auf sie wirkenden magnetischen Kräfte (nach dem Obigen wirkt nur die horizontale Kraft, in welche mit einer in ihrer Wirksamkeit durch die Aufhängung der Nadel aufgehobenen senkrechten Kraft nach dem Parallelogramm der Kräfte die Resultante, welche die Gesammtkraft des Magnetismus ausdrückt, zerlegt worden); N″ sei die Anzahl der Oscillationen, welche die Nadel, immer in derselben Zeit, bei einem andern magnetischen Zustande des Magneten macht, und M″ die entsprechende Kraft. In Be-

---

bar nicht allein auf die Messung der Intensität des Erdmagnetismus, sondern auch auf die Beobachtung der täglichen Veränderungen der Magnetnadel und auf Intensitäts-Vergleichungen zwischen elektr. Strömen, ist von Gauß beschrieben worden. Statt dünner feiner Nadeln wendet er Ein Fuß lange vierseitige Stahlstäbe an, die an einer Anzahl von 20 bis 30 Stück Cocon-Fäden von 2½ Fuß Länge aufgehängt sind, eine Hülse von Messing tragen, in welche die Stahlstäbe gelegt werden. Der Stab ist von einer cylindrischen Dose umgeben, worin er frei schwingen kann, und welcher an der Seite vor dem Polende einen Ausschnitt hat. Auf diesem Ende sitzt ein Spiegel mit einem feinen Strich, der die magnetische Axe der Nadel bezeichnet und dessen Stelle durch Schrauben justirt werden kann. Ein Fehler in seiner Stellung ist jedenfalls leicht zu bestimmen, wenn man die Nadel so hinein legt, daß die untere Seite nach oben kommt, und man nun ihre Stellung mit der vorhergehenden vergleicht. — In einer Entfernung von 16 Fuß ist ein Theodolith so aufgestellt, daß die Axe der Magnetnadel eine Verlängerung der Axe des Tubus vom Theodolith bildet, wenn dieser genau in den magnetischen Meridian gestellt wird, und dabei ist über diesem ein Gradbogen angebracht, welcher sich, wenn er erleuchtet ist, in dem auf dem Ende der Nadel befindlichen Spiegel abspiegelt, und dadurch ein Maß für die Größe der Oscillationen der Nadel wird. — Hierdurch hat man den Vortheil, daß auf die Nadel kein störender Einfluß entsteht von Erwärmung durch die Nähe des Beobachters, oder durch Anbringung eines Lichtes zur Beobachtung einer an dem Pol der Nadel angebrachten Theilung. Ferner hat dieses Instrument auch den Vortheil, daß durch Anwendung schwerer Magnetstäbe (Gauß wandte 2½ Pfd. schwere an) die Schwingungen so langsam geschehen, daß selbst für eine einzige Schwingung die Zeit mit Sicherheit gemessen werden kann, und dadurch die Intensitäts-Beobachtungen zu einer Genauigkeit gebracht werden, die sich der astronomischen Genauigkeit nähert.

zug auf den ersten und zweiten Versuch hat man $M' : M = N'^2 : N^2$, in Bezug auf den ersten und dritten Versuch $M'' : M = N''^2 : N^2$, oder w. d. das erste mal $\frac{M'}{M} = \frac{N'^2}{N^2}$ und das zweite mal $\frac{M''}{M} = \frac{N''^2}{N^2}$.

Aber nimmt man an, daß der Magnet, dessen Kraft man sucht, in beiden Fällen so gestellt sei, daß die horizontale Richtung, in welcher er wirkt, auch in dem magnetischen Meridiane sich befinde, und mit der Kraft der Erde in einem Sinne wirke, so ist klar, daß seine Kraft im ersten Falle $= M' - M$ und im zweiten $= M'' - M$ sei. Aus den angegebenen Proportionen hat man $\frac{M' - M}{M} = \frac{N'^2 - N^2}{N^2}$ und $\frac{M'' - M}{M} = \frac{N''^2 - N^2}{N^2}$; woraus folgt, daß $\frac{M' - M}{M'' - M} = \frac{N'^2 - N^2}{N''^2 - N^2}$; welches das Verhältniß der horizontal wirkenden Kräfte des Magnets in den beiden Fällen seines magnetischen Zustandes ist. Wenn z. B. die Nadel, welche zur Beobachtung dient, in 10 Secunden 30 Schwingungen macht, so lange die Erde allein auf sie wirkt, 40 wenn der Magnet in seinem ersten Zustande und 50 wenn derselbe in seinem zweiten Zustande mit der Erde zugleich auf sie wirkt, so hat man in der angegebenen Formel zu setzen:

$$N = 30,\ N' = 40,\ N'' = 50;\ \text{und folglich ist}$$

$$\frac{M' - M}{M'' - M} = \frac{1600 - 900}{2500 - 900} = \frac{700}{1600}$$

d. h. die resp. Kräfte des Magnetes verhalten sich wie 700 zu 1600 oder wie 7 : 16.

Die zweite Coulombsche Methode wird durch die Drehwage möglich. Wenn ein dünner Metalldraht durch ein Gewicht vertical gespannt ist, so nimmt er eine Gleichgewichtsstellung an (so daß keine Kraft ihn überwiegend weder nach der einen noch nach der andern Seite zu drehen strebt), und wenn man das Gewicht um sich selbst umdreht, um eine oder um mehre völlige Umdrehungen oder auch nur um einen Winkel von einigen Graden, so erleidet der Draht seiner ganzen Länge nach eine Drehung, und strebt mit einer gewissen Kraft sich wieder zurück zu drehen, das Gewicht zu seiner früheren Stellung zurück zu führen. Coulomb hat zuvörderst diesen Drehungswiderstand untersucht und folgende Gesetze gefunden: 1) die Drehungskraft verhält sich wie der Winkel um welchen die Drehung geschehen; 2) sie verhält sich bei demselben dünnen Drahte umgekehrt wie seine Länge und ist unabhängig von seiner Spannung; 3) bei Drähten von derselben Substanz und verschiedener Dicke verhält sie sich wie die vierte Potenz der Durchmesser. — Zur Bestätigung dieser Sätze dienten Versuche mit Haaren, Seide,

Silber-, Eisen- und Messingdrähten von verschiedenen Durchmessern. Die magnetische Drehwage ist Fig. 253., 254. und 255. dargestellt. Fig. 253. zeigt den ganzen bei den Beobachtungen angewendeten Apparat, Fig. 254. ist ein Horizontaldurchschnitt, welcher dem unteren Ende des dünnen Drahtes entspricht. Fig. 255. stellt das oben angebrachte Mikrometer dar. Dieß Mikrometer hat folgende Einrichtung: SS′ ist eine kreisförmige Platte, welche den Cylinder LL′ bedeckt, durch sie geht in der Mitte eine hinreichend weite Oeffnung O; MM′ ist eine bewegliche Scheibe, welche sich genau an die Platte SS′ anlegt, indem sie sich mit sehr gelinder Reibung auf ihr dreht, und bei ihrer Drehungsbewegung durch eine kleine Dille gehalten wird, die sich in der Mitte von SS′ erhebt; gegen den Mittelpunkt c dieser Scheibe MM′ ist eine dreieckige Oeffnung, deren einer Winkel genau bis zum Mittelpunkte sich erstreckt; in diesem Winkel liegt der Faden fl, der an die Welle f befestigt ist. Diese Welle liegt auf zwei festen Unterlagen pp, auf denen sie sich um ihre Längenaxe drehen läßt. Die Platte SS′ ist in ihrem ganzen Umfange eingetheilt und an der Scheibe MM′ ist ein Merkpunkt angebracht, welcher bei der Drehung jene Eintheilung durchläuft, und folglich die Grade der Drehung angibt, welche man dem Faden an seinem oberen Ende gibt. In Fig. 253. erblickt man die kleine Pincette, welche das untere Ende des feinen Drahtes faßt und die eine Hülse von dünnem Kupfer trägt, in welche die Magnetnadeln gelegt werden, und um zu weite Oscillationen zu verhindern, befestigt man an die Hülse einen Flügel, welcher in ein Gefäß mit Wasser taucht. Um den Glaskasten welcher die Nadel umgibt, ist eine Gradeintheilung auf Papier gelegt, deren Verfertigung im Art. Elektrometer (elektrometrische Versuche mit der Drehwage S. 237.) angegeben ist. Der Faden muß durch den Mittelpunkt dieser Gradeintheilung gehen, und wenn dieses der Fall ist, so müssen der Punkt 0, 180° und der Faden in einer geraden Linie liegen und eben so der Punkt 90°, 270° und der Faden u. s. w. Ist die Wage gehörig eingerichtet, so bestimmt man die Gleichgewichtsstellung des Fadens oder feinen Drahtes, indem man in die Hülse eine nicht magnetisirte Nadel legt. Hierauf bringt man eine Magnetnadel in die Hülse und dreht das oben angebrachte Mikrometer in dem einen oder dem anderen Sinne, bis die (vorhin bestimmte) Gleichgewichtsebene des Fadens mit der Richtung der Nadel zusammenfällt; dann befindet sie sich in der Richtung des magnetischen Meridianes und der Faden hat keine Drehung erlitten. Nehmen wir jetzt an das Mikrometer werde gedreht, um die Nadel aus ihrer Stellung zu entfernen, um sie z. B. in die Stellung VA′ (Fig. 254.) zu bringen, so daß sie mit dem magnetischen Meridian MM′ einen Winkel AVA′ = 20° macht; gesetzt man müßte zu diesem Zwecke das Mikrometer um 180° drehen, so erhielt der Faden, da die Nadel unten nur um 20° aus der Richtung des Meridianes gebracht wurde, eine Drehung um 180° — 20° = 160°, und die dieser Drehung entsprechende Kraft hält also der die Nadel richtenden Kraft der Erde das Gleichgewicht, nämlich der in horizontaler Richtung wirkenden Kraft, welche die Nadel in den magnetischen Meridian zurück zu führen strebt.

Es bezeichne M die Intensität der horizontalen Kraft der Erde FA', welche in zwei andere Kräfte (nach dem Satze vom Parallelogramm der Kräfte) sich zerlegt, nämlich PA', welche keine Drehung der Nadel hervorbringt und TA', welche vollkommen wirksam ist. Bezeichnet V den Winkel AVA' (die Ablenkung der Nadel), so ist M sin. V der Werth jener Kraft TA'. Bei Winkeln unter 20° und 15° kann man die Winkel ohne merklichen Irrthum für die sinus derselben nehmen, und innerhalb dieser Grenzen wird daher die richtende Kraft durch MV ausgedrückt. In dem angenommenen Beispiele ist $V = 20°$; also 20° M die Kraft welche durch eine Drehung um 160° aufgewogen wird, und weil der Drehungswiderstand dem Drehungswinkel proportional ist, so ist folglich für 1° Ablenkung die richtende Kraft $\frac{160}{20} = 8$. Wir werden im Allgemeinen in dieser Weise die richtende Kraft auf 1° Abstand zurückführen. — Nachdem dieselbe Nadel einen anderen magnetischen Zustand erlangt hat, muß man das Mikrometer z. B. um 495° drehen, um eine Ablenkung der Nadel von 15° zu bewirken, dann wäre ihre richtende Kraft $\frac{495 - 15}{15} = \frac{480}{15} = 32$. Sie wäre also genau viermal so groß als im ersten Versuche. — Um die Kraft eines Magneten zu bestimmen, welcher nicht selbst horizontal in der Wage aufgehangen werden kann, läßt man ihn auf die in den vorigen Versuchen angewendete Magnetnadel wirken, und zu größerer Einfachheit bringt man ihn so an, daß der Mittelpunkt seiner magnetischen Wirksamkeit so genau als möglich in A (Fig. 254.) fällt. Dann dreht man das Mikrometer um eine Ablenkung kleiner als 20° zu erhalten, und man übersieht leicht wie die Versuche sich gestalten, der Magnet mag nun anziehend oder abstoßend wirken. Im ersten Falle ist die richtende Kraft die Summe der Wirkungen der Erde und des Magnetes, im zweiten Falle ist sie die Differenz dieser Wirkungen.

Ein Grundgesetz des Magnetismus ist, daß die **magnetischen Anziehungen und Abstoßungen sich verhalten umgekehrt wie die Quadrate der Abstände.** Dasselbe ist zuerst von **Coulomb** durch jede der beiden von ihm angewendeten Beobachtungsmethoden bewiesen worden. 1. **Durch die Methode der Oscillationen.** Eine kleine Probenadel, welche an einem Coconfaden aufgehängt und (durch Einhängung in einen Glaskasten) vor Störungen durch zufällige Bewegungen der Luft geschützt ist, wird in Bezug auf die Anzahl der Oscillationen, die sie unter dem alleinigen Einfluß der Erde in einer gewissen Zeit macht, beobachtet. Sie mache 15 Oscillationen in 1 Minute, und M bezeichne die horizontal auf sie wirkende Kraft der Erde. Man lasse auf sie den anziehenden Pol eines langen Stahldrahtes wirken, welcher stark magnetisirt ist und vertical in der Ebene des magnetischen Meridianes gehalten wird. Durch vorläufige Versuche findet man, daß, um die größtmögliche Wirkung zu erhalten, das thätige Ende des Drahtes ungefähr um 10 Linien über die horizontale Ebene der Nadel hinausgehen muß. Gesetzt also der Draht

sel in dieser Weise angebracht. — Bei einer ersten Beobachtung sei die Nadel 4 Zoll von dem Drahte entfernt, sie macht 41 Oscillationen in 1 Minute, und M′ bezeichne die auf sie wirkende Kraft. — Bei einer zweiten Beobachtung, wenn sich die Nadel in 8 Zoll Abstand befindet, macht sie 24 Oscillationen in 1 Minute; M′′ bezeichne die auf sie wirkende Kraft. Man hat $\frac{M'}{M} = \frac{(41^2)}{(15^2)}$; $\frac{M''}{M} = \frac{(24^2)}{(15^2)}$. Die horizontale Kraft des Drahtes ist bei der ersten Beobachtung M′ — M, bei der zweiten M′′ — M; folglich hat man aus den vorigen Gleichungen

$$\frac{M' - M}{M'' - M} = \frac{(41^2) - (15^2)}{(24^2) - (15^2)} = \frac{1456}{351} = 4{,}1.$$

Bei der zweiten Beobachtung ist also die Entfernung doppelt so groß und die Kraft ungefähr $\frac{1}{4}$ so groß als bei der ersten. Die Beobachtungen bestätigen also das angegebene Gesetz. Bei größeren Abständen findet man gleichfalls das Gesetz bestätigt, nur übt dann auch der abstoßende Pol des Drahtes einen merkbaren Einfluß aus, welcher in Anrechnung gebracht werden muß. Das Gesetz wird 2) durch Versuche mit der Drehwage bestätigt. Auch bei dieser Methode muß man sich sehr langer Metalldrähte bedienen, um den Einfluß der Pole zu vermeiden, deren Wirksamkeit nicht in die Beobachtung gezogen werden soll. Die Drähte deren Coulumb sich bediente, hatten eine Länge von 24 Zoll und einen Durchmesser von mehr als $1\frac{1}{2}$ Linien. Derjenige Draht, welcher sich innerhalb der Wage befand, hatte eine richtende Kraft von 35° Drehung bei 1° Ablenkung*); ein zweiter gleicher Draht, der ebenfalls stark magnetisirt war, wurde in verticaler Stellung in die Wage gebracht, so daß sein abstoßender Pol nach unten gerichtet war, und sein unteres Ende ungefähr einen Zoll unter das Niveau des anderen Drahtes zu liegen kam, so daß wenn der aufgehängte Draht nicht abgestoßen worden wäre, der Durchschnitts- oder Kreuzungspunkt beider Drähte (den schwebenden verlängert gedacht) ungefähr einen Zoll vom Ende jedes Drahtes entfernt gewesen wäre. Aber der schwebende Draht wurde lebhaft aus seiner Stellung getrieben, und blieb erst bei 24° von dem magnetischen Meridiane stehen; diese wollen wir seine erste Stellung nennen. Um ihm eine zweite zu ertheilen, wurde das Mikrometer um drei Umkreise gedreht, d. h. um 1080°, und der Draht näherte sich bis zu 17° vom Meridiane. Endlich um ihm eine dritte Stellung zu geben, wurde das Mikrometer noch um 5 Umdrehungen gedreht, also im Ganzen um 8 Umkreise = 2880°, und nun stellte sich der Grad bei 12° vom Meridiane. In der ersten Stellung wurde die Magnetnadel (der magnetisirte Draht) in die Stellung in der Ebene des Meridians durch die richtende Kraft der Erde und durch die 24° betragende Drehung des Drahtes zurück gedrängt.

---

*) S. oben S. 531.

Da nun aber die Kraft der Erde wie gesagt wurde, 35° Drehung für 1° Ablenkung gleich kam, so betrug sie für 24° Ablenkung 840°, hierzu kamen noch 24° Drehkraft des Drahtes, folglich war die Gesammtkraft, welcher die die Ablenkung der Nadel bewirkende Kraft gleich kam, 864°. — In der zweiten Stellung findet sich eben so die Gesammtkraft $= 35 \times 17 + 1080 + 17 = 1692°$; und in der dritten Stellung $= 35 \times 12 + 2880 + 12 = 3313$. Die Entfernungen in den angegebenen drei Stellungen sind also 24, 17, 12, die entsprechenden abstoßenden Kräfte 864, 1692, 3312; die Quadrate der Entfernungen sind 576, 289 und 144, und es verhält sich annäherungsweise:

$$576 : 289 : 144 = 3312 : 1692 : 864.$$

Auf ähnliche Weise läßt sich auch das Gesetz in Bezug auf die magnetische Anziehung beweisen.

Die beiden Methoden, welche zu Auffindung des Gesetzes der magnetischen Anziehung und Abstoßung dienen, können auch angewendet werden, um die magnetischen Intensitäten in jedem Punkte einer Magnetnadel zu bestimmen. Eine kleine Probenadel, 6 Linien lang an einem Coconfaden aufgehängt, macht N Oscillationen in 1 Secunde unter dem Einflusse der horizontal wirkenden Kraft M der Erde. Man bringt in ihre Nähe ungefähr im Abstande von einigen Linien, einen vertical gehaltenen magnetisirten Draht AB (Fig. 256.), welcher sie nicht aus dem magnetischen Meridiane ablenkt, aber lebhaftere Oscillationen bewirkt; sie macht dann N′ Oscillationen in 1 Secunde. M′ bezeichne die Kraft welche diese Oscillationen hervorbringt. Bei einem geringen Abstande äußern der Durchschnitt s′, welcher der Nadel gegenübersteht und die benachbarten Durchschnitte, wie a und b ihre ganze Wirksamkeit, während die übrigen mit einer immer wachsenden Schiefe und daher mit immer geringerer Kraft wirken. Wir können daher die wirklich sich äußernde Kraft des Magnetes als dem Durchschnitte s′ zugehörig betrachten. Gleichermaßen erhalten wir, wenn die Nadel in der nämlichen Entfernung dem Durchschnitte s″ gegenüber gehalten wird, N″ Oscillationen in 1 Secunde, und bezeichnet M″ die Kraft welche diese Wirkung hervorbringt, so haben wir $\frac{M'-M}{M''-M} = \frac{N'^2-N^2}{N''^2-N^2}$. Die Kräfte M′—M und M″—M sind die magnetischen Intensitäten des Magnetes für diejenigen Punkte, welche der Nadel gegenüber gebracht worden, und wir können auf diese Weise die Intensitäten verschiedener Durchschnitte in der ganzen Länge magnetisirter Drähte oder Stangen vergleichen. Nur wenn man auf diese Weise bis gegenüber dem Ende A gekommen ist, muß man die beobachtete Wirkung doppelt nehmen, weil man offenbar eine doppelte Wirkung haben würde, wenn der Magnet noch weiter fortginge, und es unterhalb A noch eben so wirksame Durchschnitte gäbe, wie oberhalb A. Man kann die durch solche Beobachtung erlangten Resultate durch eine geometrische Construction darstellen, indem man auf einer die Länge des Magnetes darstel-

lenden geraden Linie in der Entfernung der Durchschnitte von einander senkrechte Linien aufrichtet und ihnen Längen gibt, welche durch das gefundene Verhältniß der magnetischen Intensitäten unter einander bestimmt werden. Durch die Endpunkte dieser Linien, geht dann eine sie verbindende krumme Linie, welche man die Curve der Intensitäten nennt, und welche die ganze Vertheilung der Magnetismen in einem bestimmten Magneten veranschaulicht. Fig. 257. stellt die von Coulomb gefundene Curve dar, für einen Stahldraht von der Länge AB. In der Mitte ist die Intensität = 0 und wächst von da bis gegen die Enden A und B. Für die Drähte oder die Streifen von verschiedener Länge ist diese Curve genau dieselbe, wenn ihre Länge nur mehr als 6 oder 8 Zoll beträgt; sie erscheint dann nur gegen die Enden, indem sie in der Mitte einen größeren oder geringern Zwischenraum läßt, wo die Intensität = 0 erscheint. Hieraus folgt die bemerkenswerthe Eigenschaft, daß bei mehr als 6 oder 8 Zoll Länge alle Magneten von derselben Gestalt ihre Pole in derselben Entfernung von den Enden haben. Denn die Pole sind, wie gezeigt worden, nichts anderes als die Angriffspunkte der Resultanten der Erdkraft und sie daher in derselben Weise gelegen, sobald die Intensitäten oder die theilweise in Wirksamkeit tretenden magnetischen Kräfte dasselbe Gesetz befolgen. Coulomb hat überdieß durch Rechnung gezeigt, daß sich die Pole in einer Entfernung von 18 Lin. von den Enden befinden und zu gleicher Zeit hat er in Bezug auf sehr kurze Magnete dieses zweite Gesetz festgestellt, daß ihre Pole sich fast genau auf dem Drittheil der halben Länge oder auf $\frac{1}{6}$ der ganzen Länge von den Enden aus befinden. Hierdurch ist eine Grenze gegeben, welcher sich die Pole immer mehr nähern, je geringer die Länge der Magneten ist. So z. B. werden sich bei einer Nadel von 3 Zoll Länge die Pole in einer Entfernung, die etwas mehr als 6 Linien beträgt, befinden, nämlich etwa in 7 oder 8 Linien Entfernung. Diese Resultate setzen voraus, daß die Magnete sehr kleine Dimensionen der Breite und Dicke im Verhältniß gegen die der Länge haben, daß sie in ihrer ganzen Ausdehnung von einer regelmäßigen Gestalt sind und daß sie regelmäßig magnetisirt sind. Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, so kann man die Pole theoretisch nicht erkennen und man muß dann dieselben direct mit der kleinen Probenadel aufsuchen. Bei den rautenförmigen Magnetnadeln nähern sich die Pole dem Mittelpunkte; bei den pfeilähnlichen Magnetnadeln, deren man sich sehr häufig bedient, ist es sehr schwer eine regelmäßige Magnetisirung und feste Pole zu erlangen, bei breiten oder dicken Platten im Verhältniß zu ihrer Länge gibt es gewöhnlich mehre Pole und Folgepunkte. Endlich kann man in Ringen von sehr gleichförmigem Stahle Pole erhalten, die sich entweder diametral oder unregelmäßig gegenüber stehen; aber die regelmäßige Magnetisirung läßt auch nicht die geringste Aeußerung des vorhandenen Magnetismus wahrnehmen. — Die Magnetnadeln, Streifen, Stangen oder Stäbe aller Art sind künstliche Magnete, welche aus Einem Stücke bestehen, und die einmal bis zur Sättigung magnetisirt, ihren Magnetismus sehr gut bewahren. Indeß können die Streifen und Stangen, in Bezug auf die magnetische Kraft, der Erde auf verschiedene Weise

Digitized by Google

angeordnet werden; diese Kraft kann unter günstigen Umständen eine theilweise Wiedervereinigung der getrennten Magnetismen bewirken. So z. B. würde in unsern Gegenden ein Magnetstab, der in senkrechter Stellung erhalten würde, so daß sein Nordpol nach unten gerichtet wäre, eine Schwächung erfahren, und erhielte er in dieser Stellung einige Stöße oder Schläge, so könnte er in kurzer Zeit seine magnetische Kraft fast ganz einbüßen, oder wohl gar eine Umkehrung seiner Pole erleiden. Um diese Verminderung der magnetischen Kraft zu verhindern, bedient man sich der Armaturen oder Armirungen (lat., Bewaffnungen). So heißen nämlich im Allgemeinen Stücke weichen Eisens, welche mit den Magneten in Verbindung gesetzt sind, um ihren magnetischen Gegensatz in seiner Stärke zu erhalten. Die Armirungen können sogar eine Erhöhung des Magnetismus bewirken. Wenn einer der Pole eines Magnetes mit einer Eisenstange in Berührung ist, so erzeugt er in dem berührten Ende derselben den ihm ungleichnamigen Magnetismus, dieser aber wirkt auf den ursprünglichen magnetischen Pol ganz in derselben Weise zurück, so daß die Folge eine Erhöhung der magnetischen Kraft desselben ist. Diese gegenseitige Steigerung des magnetischen Zustandes würde ins Unendliche fortgehen, wenn nicht durch den Sättigungszustand des Magnets und der Stange eine Grenze gesetzt wäre. Hängt man an das eine polarische Ende eines Magnetes ein Stück weichen Eisens an das eine Wagschale befestigt ist, in welche man eines nach dem anderen verschiedene Gewichte legt, so lange bis man eine weitere Belastung nicht vornehmen kann, ohne das weiche Eisen von dem Magnete abzureißen, so findet man, daß jeden folgenden Tag die Belastung um einiges vermehrt werden kann, ohne daß Trennung erfolgt; aber wenn man nach einer gewissen Zeit das weiche Eisen mit Gewalt abreißt, so zeigt sich der Magnet nicht mehr fähig die ganze Last zu halten, welche er vorher trug. Der Magnet hatte unter dem Einflusse des Eisens eine größere Kraft erlangt als er gemäß seiner Coercitivkraft zu behalten im Stande war; so wie er daher sich selbst überlassen wird, nimmt er den seiner natürlichen Beschaffenheit entsprechenden Grad der Stärke wieder an, d. h. er tritt in den ihm natürlichen magnetischen Sättigungszustand. — Wir wollen z. B. einen Magnet von viereckiger Form betrachten, wie SSNN Fig. 258. von dem SS der Südpol, NN der Nordpol ist. Man versehe zuvörderst den ersten dieser Pole mit einer Armatur von weichem Eisen S′S′′S′′′, von der, in der Figur vorgestellten Gestalt. Die natürlichen Magnetismen dieser Eisenplatte werden sogleich zersetzt werden, indem der in SS herrschende Magnetismus den ungleichartigen anzieht und den gleichartigen abstößt, so daß dieser letztere auf der ganzen äußern Oberfläche S′S′′S′′′ der Platte herrschen wird, und namentlich an ihrem entferntesten Ende S′S′′, welches der Fuß der Armatur genannt wird (der somit ebenfalls einen Südpol darstellt). Umgeben wir den andern Pol NN des Magnets mit einer ähnlichen Armatur, so wird er eine gleiche Zersetzung darin hervorrufen, und der Fuß N′N′′ wird einen Nordpol darstellen. Nach Verlauf einiger Zeit wird durch den Einfluß dieser Armaturen die Zersetzung des Magnetismus in den Theil-

chen des Magnets, die davon umgeben werden, merklich verstärkt worden sein und dieser dadurch an Kraft zugenommen haben. Die Hüllen dürfen nicht sehr dünn sein; denn bei übrigens gleichen Verhältnissen hängt die Entwicklung des Magnetismus, die in einem Stück Eisen vorgehen kann, von seiner Masse ab; aber auch nicht zu dick dürfen sie sein, damit ihre größte Wirkungsstärke nicht auf ihrer Seitenfläche, sondern in ihren Füßen S′S″, N′N″ Sitz fasse; ein Umstand, dessen Vortheile sich bald zeigen werden. Uebrigens läßt sich allein nach der Erfahrung bestimmen, welche Dicke man den Armaturen eines Magnets am zweckmäßigsten zu geben hat. Jedenfalls aber ist klar, daß sie, wie erwähnt, aus weichem Eisen bestehen müssen, um die Zersetzung des Magnetismus zu erleichtern. — Das Anbringen von Armaturen an die Magnete verstärkt nicht nur ihre Kraft durch Entwicklung von neuem Magnetismus, sondern auch dadurch, daß die magnetischen Kräfte eine vortheilhaftere Richtung erhalten. Gesetzt z. B. man wolle sich des Magneten SSNN unarmirt bedienen, den Stab sn Fig. 259. zu magnetisiren, indem man ein Ende des letztern seiner nördlichen Fläche NN darbietet. Hier ergibt sich aus dem bloßen Anblick der Figur, daß der größte Theil der Punkte dieser Fläche so wie der inwendigen Punkte in einer sehr schiefen Richtung auf den Stab wirken, und mithin nur einen sehr schwachen Einfluß zur Zersetzung des Magnetismus seiner Theilchen nach seiner Längenrichtung äußern kann. Ueberdieß wird die südliche Fläche SS, die sich der ersten parallel befindet, diesem Erfolg durch ihren Einfluß entgegenwirken, und obwohl ihre Wirkung wegen größern Abstandes schwächer ist, so wird sie doch, wie leicht zu sehen, den Vortheil einer wirksamern Richtung haben, indem sie minder große Winkel mit der Länge des Stabes macht. Wenn dagegen die Stärke jedes Pols zum großen Theil in den Fuß der Armatur versetzt ist, und man den Stab sn in der Richtung der Verlängerung eines dieser Füße z. B. N′N″, Fig. 258. hinhält, so erhellt zuvörderst, daß die Wirkung dieses Pols, die sich so zu sagen blos in dem Fuße concentrirt hat, die Theilchen des Stabes in einer weit weniger schiefen Richtung treffen wird, als vorher die der größern Oberfläche des Pols NN; dagegen wird die Wirkung des andern Pols SS, die gleichfalls auf den ihr entsprechenden Fuß S′S″ übertragen worden ist, in einer weit schiefern Richtung auf den Stab wirken, als im Fall, wo beide Polflächen parallel sind. Dieser Pol wird mithin nun in weit geringerem Grade der unmittelbaren Wirkung des Fußes, welchem der Stab dargeboten wird, entgegen wirken können. Auch vermag man durch dieses Mittel dem Stabe sn einen weit stärkern Magnetismus zu ertheilen, als wenn man das Magnetisiren mit dem nämlichen nicht armirten Magneten vornähme. Hiervon kann man sich leicht so überzeugen, daß man durch die Methode der horizontalen Oscillation die Intensitäten der richtenden Kräfte vergleicht, welche die nämlichen Stäbe erlangen, wenn sie successiv mit dem Magneten in diesen beiden Zuständen magnetisirt werden. Um einen solchen Magnet dauerhaft zu erhalten, muß man an seine beiden Füße ein Parallelepipedum von weichem Eisen anlegen, das ihnen zur

gemeinschaftlichen Belegung dient, wie Fig. 260. darstellt, und das blos dann weggenommen wird, wenn man einen Pol für sich in Wirkung treten lassen will. Um gerade Stangen zu armiren, legt man sie in ihren Fassungen (Kapseln) parallel in einiger Entfernung neben einander, und zwar so, daß je zwei ungleichnamige Pole der beiden Stangen nach derselben Seite gerichtet sind und an die Enden legt man quer gegen die Magnetstäbe, so daß je zwei ungleichnamige Pole verbunden werden, viereckige Stücke weichen Eisens, so daß der ganze Apparat ein Parallelogramm darstellt, dessen beide längeren Seiten die zwei Magnetstäbe, dessen beide kürzeren Seiten die beiden Prismen von weichem Eisen sind. — Die in Activität befindlichen Magnetnadeln können keine Armirungen erhalten, bedürfen derselben aber auch nicht, da sie sich vermöge ihrer freien Aufhängung so gegen die Erde stellen, daß diese selbst ihnen den Dienst einer Armirung leistet. — Um die entgegengesetzten polarischen Enden Eines Magnetstabes oder eines magnetischen Strahlstreifens durch eine Armirung verbinden zu können, pflegt man einen solchen Stab oder Streifen so um zu biegen, daß seine beiden Enden einander gegenüber zu stehen kommen, und legt nun an beide Enden zugleich Ein Stück weichen Eisens an. Ein so gebogener Magnet wird ein Hufeisenmagnet genannt, wegen seiner Aehnlichkeit mit einem Hufeisen. Man verbindet auch mehre Streifen zu Einem Hufeisenmagnete (in derselben Art wie auch geradlinige Stäbe in ein Bündel vereinigt werden, (s. d. Folg.), wie Fig. 261. vorstellt. Die Streifen passen genau auf einander und werden durch die Schrauben V V′ fest zusammengehalten, so wie durch die Fassung n n′ mit einen Ringe um den Magnet aufzuhängen; p p′ ist das Stück weiches Eisen, welches als Armirung dient. Die obere Fläche desselben, welche mit den entgegengesetzt polarischen Enden A und B des Magnets in Berührung steht, ist leicht abgerundet, so daß die Berührung nur in Einer Linie geschieht; es ist nur etwa $\frac{1}{3}$ so schwer als der Magnet, hat aber in der Mitte einen nach unten hängenden Haken, in welchen eine mit Gewicht zu beschwerende Wagschale eingehängt werden kann. Das als Armirung dienende Stück weichen Eisens wird aus dem letzteren Grunde: Trageisen, und weil es an dem Magnete fest hält: Anker genannt. — Auch kann man wieder zwei Magnetbündel von Magnetstäben durch Armaturen verbinden, man erhält dann ein sogenanntes magnetisches Magazin. — Bei den natürlichen Magneten sucht man zunächst die Stellen auf, an welchen sich die Pole befinden, schleift dieselben ab, und legt an sie beiderseits Platten von recht weichem Eisen, welche in dickere Füße ausgehen. Man befestigt diese mittelst messingener Ringe, die mit Schrauben zusammengefügt werden. Die unteren hervorragenden dickeren Enden sind durch Vertheilung magnetisch und heißen künstliche Pole des Magnets. An sie wird wie an die Hufeisenmagnete ein Anker angebracht. Fig. 262. stellt einen armirten natürlichen Magneten vor. M ist der Magnet selbst; a b und c d bezeichnen die Eisenplatten, e und f die hervorragenden Füße, g g den Anker, h dessen Hacken und l ein angehängtes Gewicht. An dem natürlichen Magneten hat man ein auffallendes Phä-

nomen beobachtet, nämlich Schwächung nach vorhergegangener Ueberladung. Gesetzt, ein Magnet könne mit Leichtigkeit 20 Kilogramme tragen, so belaste man ihn mit diesem Gewicht und füge jeden folgenden Tag ein kleines Gewicht zu den schon vorhandenen hinzu. Auf diese Weise wird der Magnet nach und nach im Stande sein 30, ja vielleicht 40 Kilogramme zu tragen. Ist aber das Gewicht so groß geworden, daß es das Trageisen vom Magnete abreißt, so nimmt es der Magnet auf keine Weise wieder an, selbst wenn man das Gewicht bis mit 20 Kilogramme erleichtert, der Magnet will nicht mehr anbeißen, um ihn wieder zu kräftigen oder zu nähern, muß man den Anker mit einem Gewicht, welches kleiner als 20 Grad ist, an den Magnet hängen und nun erst durch allmähliges Zulegen kleinerer Gewichte ihn wieder an die Tragung einer größern Last gewöhnen.

Interessante Versuche hat Halbat in Bezug auf Magnetisirung von Stahlplatten angestellt. Er bediente sich nämlich dünner Platten von Stahl, welche abgeschabt und mit einer Feile oder dergleichen geglättet wurden: auf die Oberfläche dieser Platte fuhr er mit dem einen Pole eines Magnetstahles in verschiedenen Richtungen hin und bestreute darauf die Platte mit Eisenfeilspähnen. Diese ordneten sich, um die auf der Platte gezogenen Striche auf eine ganz ähnliche Weise, wie wenn unter ein Blatt Papier ein Magnetstab gelegt und auf das Blatt Eisenfeile gestreut wird. Die Figuren werden hervorstechender auf verzinnten Platten. Um die Figuren verschwinden zu machen, darf die Platte nur bis zur Temperatur der Schmelzung des Zinns erhitzt werden.

Man kann sich verschiedener Verfahrungsarten bedienen, um die Magnetisirung des Stahles zu bewirken. Indem es darauf ankommt, dem Stahl einen möglichst hohen Grad der Magnetisirung auf eine bleibende Weise zu ertheilen, konnte man sich nicht begnügen, Magnetisirung durch bloße Berührung hervorzubringen. Knight war der erste (im Jahre 1745), welcher eine vollkommenere Methode der Magnetisirung ergab. Er setzte zwei stark magnetisirte Stäbe mit ihren Enden an einander, so daß der Nordpol des einen mit dem Südpol des anderen in Verbindung war, darauf legte er in dieser Richtung auf die dicken Stäbe in ihrer Länge einen kleinen in hellkirschrother Hitze gehärteten Stahlstab, so daß seine Mitte der Verbindungsstelle der beiden dicken Stäbe entsprach und ließ diese nun, indem er sie aus einander zog, jeden von seiner Seite bis zu den Enden des kleinen Stabes hingleiten, der sich durch dieses Verfahren bis zu einem bis dahin unerreichbaren Grade magnetischer Kraft gebracht fand. Bei dieser Methode wirkt jeder Magnet auf die Hälfte des Stabes, die er durchläuft, und die Sonderung der sich vorher gegenseitig bindenden Magnetismen in dem Stahlstabe geschieht durch die gleichzeitige Wirkung zweier Magnete, welche mit ihren im entgegengesetzten Sinne wirkenden Kräften in Bezug auf jeden Punkt des Stahlstabes bei der Scheidung der Magnetismen sich unterstützen, weil der eine denselben Magnetismus anzieht, welchen der andere abstößt. Man findet, daß bei Anwendung dicker stark magnetisirter Stäbe nach dieser Methode kleine Stäbe, wenn sie ganz kurz und nicht sehr dick sind, ziemlich das Maximum von Mag-

netismus erlangen, dessen sie fähig sind, etwas lange Stäbe aber vermag man nicht durch dieß Verfahren bis zur Sättigung zu magnetisiren. Die Knightsche Entdeckung veranlaßte mehre Physiker, Verfahrungsarten aufzusuchen, mittelst deren sich der nämliche Grad von Magnetismus in größern Stäben hervorrufen ließe. Duhamel, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, der sich zu dieser Untersuchung mit Antheaume verband, machte diesen neuen Fortschritt mit Hilfe folgender Methode. Er brachte zwei Stahlstangen von gleicher Länge SN, S'N', Fig. 263. in eine parallele Lage und verband ihre Enden durch kleine Parallelepipeda von ganz weichem Eisen FF (Armatur), so daß ein rechteckiges Parallelogramm entstand. Darauf nahm er zwei Bündel schon magnetisirter Stäbe sn, s'n', setzte sie, ihre freundschaftlichen Pole in Verbindung, um die Mitte einer dieser Stangen auf, neigte sie alsdann wie die Figur zeigt, und führte nun jeden von seiner Seite bis zum Ende der Stange hin. Durch Wiederholung dieses Streichens auf beiden Stangen nach einander brachte er einen beträchtlichen Grad von Magnetismus hervor. Außerdem aber ist die Armatur der Enden der zu magnetisirenden Stangen mit weichem Eisen, eine sehr wichtige Verbesserung. Denn in dem Augenblicke, wo die Stahlstangen irgend einen Grad von Magnetismus angenommen haben, werden auch ihre Belegungen aus weichem Eisen durch Vertheilung magnetisch. Dieselben halten den schon erregten Magnetismus dieser Stangen an ihren beiden Enden fest, binden ihn, und verstatten so den magnetisirenden Bündeln bei Wiederholung des Streichens, leichter eine neue Zersetzung hervorzurufen. Nur noch eins fehlte, um diese Methode zum höchsten Grade der Vollkommenheit zu bringen, deren sie fähig war. Nämlich man hatte nur noch statt der Armatur aus kleinen Stücken von weichem Eisen, starke mit ihren Polen entgegengesetzte Magnete anzuwenden, die den durch die streichenden Bündel schon zersetzten Magnetismus in noch stärkerem Grade festzuhalten und zu binden vermochten. Dieß geschah von Aepinus, wie wir sogleich sehen werden. In Ermangelung starker Magnete ist jedoch Duhamels Methode die vortheilhafteste, die sich zur Magnetisirung von Compaßnadeln oder Stäben, die nicht über 2 bis 3 Millimeter dick sind, anwenden läßt, wofern nur die Bündel, deren man sich zum Streichen bedient, stark magnetisirt sind. — Ziemlich zur nämlichen Zeit, wo Duhamel in Paris sich mit dieser Untersuchung beschäftigte, verfolgten Mitchell und Canton in England den nämlichen Gegenstand. — Mitchell bediente sich zweier stark magnetisirter Magnetbündel, die parallel zusammen gebunden waren, so daß die ungleichnamigen Pole nach derselben Richtung lagen, jedoch ein Zwischenraum von 7 bis 8 Millimetern zwischen ihnen blieb. Er legte alsdann mehre gleiche Stäbe in eine gerade Linie hinter einander, so daß sie sich berührten und strich mit einem der Enden des Doppelbündels senkrecht über diese Linie hin. Er fand, daß bei dieser Methode die Mittelglieder der Kette eine große magnetische Kraft erlangten, was allerdings gegründet ist, obwohl dieser Grad des Magnetismus nie bis zum Maximum steigt, das sie zu erlangen vermögen. — Die verschiedenen, mit ihren Enden in Berüh-

rung gebrachten Stäbe äußern hier denselben Einfluß, als die, von Duhamel angewandten, kleinen Eisenbelegungen; sie wirken ganz als Armaturen. Nur da die Beschaffenheit ihrer Substanz keine freie Erregung von Magnetismus darin zuläßt, so werden sie nicht magnetisch, und erhalten bloß insofern Wirksamkeit, als sie von den Bündeln beim Streichen berührt worden sind. Es wird hieraus begreiflich, warum man blos die Mittelglieder stark magnetisirt findet; weil nämlich sie allein Armaturen besitzen. Hierin kommt das Verfahren von Mitchell mit dem Duhamelschen überein, und steht ihm vielleicht noch nach. Allein es bietet eine andere Abänderung dar, die eine nähere Betrachtung verdient; nämlich es werden hier zwei parallele Bündel angewandt, die einander mit ihren entgegengesetzten Polen bis auf eine gleichbleibende Weite genähert sind, und gleichzeitig über die ganze Länge der Stäbe hingleiten. Um den Erfolg dieser Anordnung klar einzusehen, stelle man sich diese beiden Bündel unter SN, S′N′ Fig. 264. und 265. vor, denke sich, daß ihre Pole über die Stahlstange N″ S″ hingeführt werden und untersuche nun, welche Wirkung sie auf die Punkte dieser Stange ausüben, welche sich innerhalb oder außerhalb des zwischen ihnen begriffenen Zwischenraums befinden. — Wir wollen zuvörderst das Bündel SN betrachten, das größerer Einfachheit halber frei von Folgepunkten angenommen werde, so daß seine Hälfte CN, welche von der Stange am entferntesten ist, den nordpolaren Magnetismus besitzt, und der Theil CS, welcher sich ihr zunächst befindet, den südpolaren. Mit m wollen wir eins der Theilchen bezeichnen, aus welcher die Stange S″ N″ besteht, mag sich dieß nun gerade zwischen den Bündeln Fig. 264. oder außerhalb ihres Zwischenraumes Fig. 265. befinden. Alle Punkte des Bündels SN werden auf die natürlichen Magnetismen dieses Theilchens eine nördliche oder südliche Wirkung äußern, und demzufolge sie zu trennen streben. Wenn aber die beiden Hälften des Bündels eine ziemlich gleiche magnetische Kraft besitzen, wie der Fall sein muß, wenn jeder der in ihnen hervorgetretenen Magnetismen seinen Sitz ganz in einer derselben genommen hat, so ist klar, daß die südpolaren Wirkungen vor den nordpolaren das Uebergewicht haben müssen, weil die Punkte, durch die sie geäußert werden, sich dem Theilchen m näher befinden, so daß die Gesammmtwirkung von SN auf eine südpolare Kraft herauskommen wird, deren Richtung die einer gewissen Linie Om ist, welche SN in seinen südpolaren Theil nicht weit von seinem Ende schneidet. Denn in den Magneten, welche frei von Folgepunkten sind, befindet sich die größtmögliche Quantität von freiem Magnetismus an ihren Enden, und nimmt von da bis zu ihrer Mitte ausnehmend rasch ab, (gerade so wie das auch hinsichtlich der Vertheilung der beiden freien Elektricitäten im Turmalin und den isolirten elekt. Säulen der Fall ist). — Betrachten wir jetzt die Wirkung des anderen Bündels S′ N′ auf das nämliche Theilchen, so werden wir sie gleicherweise sich zu einer einzigen nordpolaren Kraft zusammensetzen finden, deren Richtung mO′ dieß Bündel in seinem nordpolaren Theil nicht weit von seinem Ende schneidet. — Um zu finden, welchen Erfolg die Wirkung dieser beiden Kräfte nach der Längenrich-

tung der Stange S'' N'' äußert, muß man sie nach dieser Richtung zerlegen. Stellt man sie nun durch die Linien mr und mr' vor, so wird jede derselben eine Kraft mf, mf' geben, welche senkrecht auf die Länge des Stabes ist, und eine Kraft mb oder ma, die nordpolar oder südpolar ist und dieser Längenrichtung folgt. Die letztern Seitenkräfte sind die einzigen, die in Betracht kommen, weil sie allein die Zersetzung des Magnetismus nach seiner Länge bewerkstelligen. Nun ergibt sich bei Vergleichung der Figuren 264. und 265., daß, wenn das Theilchen m zwischen den Bündeln liegt, Fig. 264., die beiden Kräfte mb, ma zur Zersetzung seiner natürlichen Magnetismen nach derselben Richtung sn zusammenwirken, indem der nordpolare Magnetismus nach dem Ende n des Theilchens angezogen wird, welches dem Ende N'' der Stange zugekehrt ist, während der südpolare Magnetismus sich nach dem Ende s hin verbreitet, welches nach dem Ende S'' hinsieht. Es erhellt ferner, daß die nämliche Wirkungsart nach einander alle übrigen Theile der Stange treffen wird, auf die man die Verbindung beider Bündel hinführt. Liegt dagegen das in Betracht gezogene Theilchen m außerhalb des Zwischenraums; den die Bündel zwischen sich begreifen, wie Fig. 265. darstellt, so streben sich in Bezug darauf ihre Längenwirkungen entgegen, anstatt sich zu unterstützen, und da die Wirkung des nächsten Bündels das Uebergewicht hat, so erfolgt hieraus eine momentane Zersetzung von Magnetismus, welche der unter der vorigen Annahme stattgefundenen entgegengesetzt ist, indem der südpolare Magnetismus nach dem S'' zugekehrten Ende n des Theilchens geführt wird, der nordpolare nach dem N'' zugewandten Ende s. Diese Zersetzung wird jedoch, als blos durch den Unterschied der Kräfte hervorgebracht, jederzeit schwächer sein, als die erste, welche durch ihre Summe erzeugt ist, zumal dann, wenn die Bündel, mit denen man streicht, nahe an einander befindlich sind, weil ihre entgegengesetzten Wirkungen auf die noch so wenig von ihren Polen S, N' entfernten Punkte der Stange einander dann fast gleich werden. Der schwache Magnetismus, der so im Theilchen m, Fig. 265. hervorgerufen wird, wird daher dem Zusammenwirken beider Stäbe nicht zu widerstehen vermögen, wenn er beim Hinführen der Bündel über die Stange zwischen sie zu liegen kommt. Umgekehrt werden diese, wenn sie im Weitergleiten den Punkt m, Fig. 264. hinter sich lassen, durch ihre Wirkung aus der Ferne nicht den ganzen Magnetismus aufzuheben vermögen, den sie zuvor in ihm hervorgerufen hatten, da sie sich in ihrer Wirkung auf ihn gegenseitig unterstützten. Durch mehrmals wiederholtes Streichen dieser Art von einem Ende der Stange zum andern wird also die Erregung des Magnetismus immer mehr gesteigert werden, und wirklich zeigt die Erfahrung, daß sie sich so in sehr beträchtlichen Grad erhalten läßt. Um eine gleichmäßige Vertheilung des Magnetismus in beiden Hälften der Stange zu bewirken, setzt man die verbundenen Bündel erst in ihrer Mitte auf, und streicht eine gleiche Anzahl Male über jede der beiden Hälften hin. Sind dann die Bündel zur Mitte zurückgelangt, so hebt man sie senkrecht ab, um die zuvor erregte Wirkung nach der Länge nicht zu stören. Dieses Verfahren, welches man nach Mitchell den

Doppelstrich (la double touche) nennt, hat in großem Ansehen gestanden. — Canton versuchte eine Abänderung daran anzubringen, die jedoch nur den Schein der Neuheit hatte. Er bildete zuerst, wie Duhamel, ein rechteckiges Parallelogramm, indem er die Enden zweier Stahlstangen durch Stäbe von weichem Eisen verband; darauf strich er diese Stangen mit zwei, nach Mitchell's Methode vereinigten, parallelen Bündeln, und trennte diese endlich, indem er sie nach beiden Seiten gegen die Stangen neigte, um mit dem einen nach der einen, mit dem andern nach der andern Seite bis zu den Enden der Stange hin zu streichen. Da aber, was den Erfolg betrifft, den ein wiederholtes Streichen mit Magnet von ungleicher Kraft hat, der magnetische Zustand der Stange blos von der letzten mit den geneigten Bündeln vorgenommenen Operation abhängt, so war die vorgängige Anwendung des Doppelstrichs nutzlos, und die Methode kam, abgesehen von diesem überflüssigen Zusatz, ganz auf die Duhamelsche zurück. — Eine weit glücklichere und besser berechnete Abänderung des Doppelstrichs nahm Aepinus vor. Er ließ die Pole beider streichenden Bündel in einem kleinen Abstand von einander, ohne sie je zu trennen, neigte aber die Bündel nach entgegengesetzter Richtung, wie Duhamel gethan hatte, und wie Fig. 266. vorstellt. Hierdurch erhielt die Gesammtwirkung derselben auf jedes Theilchen m eine schiefere Richtung gegen die Oberfläche der Stange, und die Seitenkraft, die sich durch Zerlegung derselben nach der Längenrichtung ergab, ward somit beträchtlicher. Allerdings kann dieß nicht ohne eine gleichzeitige Schwächung der eigenthümlichen Wirkung des Bündels geschehen, denn da es, um geneigt zu werden, um eine seiner Kanten gedreht werden muß, so wird hierdurch nothwendig jeder seiner Punkte von dem Theilchen m, auf welches er wirken soll, entfernt. Dessenungeachtet aber findet man die schiefe Lage bis zu einer gewissen Grenze der Neigung im Ganzen vortheilhaft. Blos die Erfahrung kann diese Grenze bestimmen. Aepinus entschied sich für eine Neigung von 15 bis 20 Grad gegen die Oberfläche der Stange, und in der That scheint eine solche am zweckmäßigsten zu sein, obwohl, vermöge der Natur des Magnetismus, eine kleine Veränderung im Winkel keine merkliche Veränderung im Erfolg nach sich zieht. Aepinus verband mit dieser Abänderung den Gebrauch der Armaturen, die Duhamel erfunden hatte, jedoch mit der Vervollkommnung, daß er anstatt weichen Eisens zwei starke, mit ihren Polen entgegengesetzte, Magnete anwandte, wie schon oben erwähnt wurde. In der Verbindung dieser beiden Verfahrungsarten besteht die Methode, die man nach seinen Namen benannt hat. Bei Untersuchung ihrer Wirkungen zeigt sich, daß sie vor allen andern Verfahrungsarten den Vorzug behauptet, eine Magnetisirung sehr dicker Stäbe mittelst schwacher Bündel zu gestatten; dabei aber ist sie einigen unvermeidlichen Nachtheilen unterworfen, die nicht übersehen werden dürfen. Zuvörderst läßt sich durch dieselbe nie eine vollkommen gleichmäßige Vertheilung des Magnetismus in beiden Hälften der Stangen, die mittelst ihrer magnetisirt werden, hervorrufen. Denn legt man diese Stangen nach geschehener Magnetisirung horizontal unter ein mit ganz feiner

Eisenfeile bestreutes Blatt Papier, so zeigt sich aus der Art ihrer Gruppirung, daß der neutrale Punkt nicht genau in die Mitte des Stabes fällt, sondern sich dem zuletzt magnetisirten Ende um einige Millimeter genähert findet. Diese Beobachtung rührt von Coulomb her. Zweitens scheint die Methode von Aepinus leichter Folgepunkte in sehr langen Stangen hervorzurufen, als die von Duhamel. Zwar haben diese Abwechselungen des magnetischen Zustandes wenig Stärke; jedoch vermindern sie die richtende Kraft, was eben so wie die angegebene Ungleichheit in der Vertheilung des Magnetismus bei Verfertigung der Compaß-Nadeln von großem Eintrag ist. Zur Magnetisirung letzterer wird man sich daher zweckmäßiger der Duhamelschen Methode bedienen, die von diesen beiden Fehlern völlig frei ist, und die Methode des Aepinus für die dickern Stäbe aufsparen, denen man eine bedeutende magnetische Kraft ertheilen will, weil dann nicht viel darauf ankommt, daß ihr magnetischer Mittelpunkt nicht genau in die Mitte ihrer Länge fällt. — Coulomb, indem er aus allen diesen Verfahrungsarten das herausnahm, worin ihre größten Vorzüge bestanden, und zugleich die Kenntnisse, welche die Frucht einer langjährigen Erfahrung sind, in Anwendung brachte, blieb bei folgenden Anordnungen stehen. — Er braucht zwei Paar Bündel, von denen die einen festgelegt werden, um den zu magnetisirenden Stab nach der weiter hin zu beschreibenden Weise mit ihren Enden in Verbindung zu setzen, während die andern beiden zum Streichen dieses Stabes dienen. Zur Verfertigung jedes der festliegenden Bündel nimmt er zehn in hellkirschrother Glühhitze gehärtete Stahlstäbe, von 5 bis 6 Decimeter Länge, 15 Millimeter Breite und 5 Millimeter Dicke. Er magnetisirt sie erst so stark als möglich mit einem natürlichen oder künstlichen Magneten und setzt dann, indem er sie mit ihren gleichnamigen Polen vereinigt, zwei Lagen aus ihnen zusammen, jede von 5 Stäben, die durch kleine rechteckige Parallelepipeda von ganz weichem Eisen geschieden sind, welche ihnen als gemeinschaftliche Armatur dienen, und etwas über ihre Enden hervortreten. S. Fig. 267. — Biot hat gefunden, daß sich diesen Parallelepipeden mit Vortheil Platten von weichem Eisen substituiren lassen, die sich am Ende der Magnete in eine gemeinschaftliche Masse vereinigen, welche in eine abgekürzte Pyramide ausgeht. Diese Anordnung, welche ein besseres Zusammenwirken der Kräfte zur Folge hat, ist in Fig. 268. vorgestellt. — Die beweglichen Bündel, mit denen man streicht, werden gewöhnlich aus vier Stäben zusammengesetzt, die auch in hellkirschrother Glühhitze gehärtet sind, und 400 Millimeter Länge auf 5 Dicke und 15 Breite haben. Nachdem sie so stark als möglich magnetisirt worden sind, werden zwei davon der Breite, zwei der Dicke nach verbunden, wodurch jedes Bündel 30 Millimeter Breite und 10 Millimeter Dicke erhält. Wie leicht zu erachten ist es von Vortheil, auch sie mit einer gemeinschaftlichen Armatur aus weichem Eisen zu versehen, von der nämlichen Gestalt als die Armatur der festliegenden Bündel. Diese Bündel, sowohl die festliegenden, als die, mit denen gestrichen wird, bestehen aus einem] im Handel sehr gewöhnlichen Stahl, wo er unter dem Namen des siebengesternten „(acier

timbré à sept étoiles) vorkommt. Er ist von mittelmäßiger Güte, aber Coulomb hat beobachtet, wie auch schon vor ihm geschehen, daß alle Arten von Stahl, wofern sie nicht sehr schlechter Beschaffenheit sind, einen ziemlich gleichen Grad von Magnetismus annehmen. Biot bemerkt, daß, da die Stäbe sich immer beim Härten krümmen, man sie erst so stark als möglich härten und alsdann bis zur ersten Nüance von Gelb anlassen kann. (S. d. Folg.) Hierdurch erhalten sie Streckbarkeit genug, um sich wieder gerade machen zu lassen, und es bleibt ihnen eine hinlängliche Coërcitivkraft, um dauernd magnetisch zu werden. — Soll ein Stab mit diesem Apparat magnetisirt werden, so so legt man die dicken Bündel in eine gerade Linie, so daß ihre ungleichnamigen Pole einander zugekehrt, und von einander so weit entfernt sind, als die Länge des Stabes beträgt Fig. 269.; darauf legt man die beiden Enden des Stabes auf die Enden der Armaturen, so daß diese auf jeder Seite in einer Länge von 4 bis 5 Millimetern davon berührt werden. Alsdann setzt man die beiden streichenden Bündel in der Mitte des Stabes auf, indem man sie zu beiden Seiten nach entgegengesetzter Richtung neigt, so daß sie mit der Oberfläche des Stabes einen Winkel von 20° bis 30° machen. Will man nun nach der Methode von Duhamel verfahren, so streicht man mit jedem Bündel über die Seite, zu der es sich befindet, bis zum entsprechenden Ende des Stabes hin. Will man dagegen das Verfahren von Aepinus befolgen, so trennt man sie nicht, sondern bringt blos zwischen sie ein kleines Stück Holz oder Kupfer, welches ihre entgegengesetzten Pole in einem Abstand von 5 bis 6 Millimetern enthält. Nachdem man ihnen darauf die nämliche Neigung als bei der vorigen Methode gegeben hat, führt man sie successiv und zu wiederholten Malen von der Mitte des Stabes nach jedem Ende hin und zurück, wobei man immer Acht hat, daß das Streichen über beide Hälften des Stabes gleich oft vorgenommen werde. Nach dem letzten Strich, durch welchen die Bündel zur Mitte des Stabes zurückgebracht werden, zieht man sie senkrecht auf dessen Länge zurück und wiederholt die nämliche Operation, wenn sie auf der einen Oberfläche beendigt ist, auch auf der andern. — Wenn die Stäbe, aus welchen die Bündel bestehen, anfangs nicht bis zur Sättigung magnetisirt zu werden vermochten, wie gewöhnlich der Fall sein wird, wenn man noch mit keinem solchen Apparate versehen ist, so wird ihre Verbindung in den ihrer Wirkung unterworfenen Stäben einen stärkeren Magnetismus hervorrufen, als den sie selbst besitzen. Man wird sich alsdann dieser neuen Stäbe bedienen, um andere Bündel daraus zu bilden, welche die ersten an Kraft übertreffen; alsdann wird man diese auseinandernehmen, und, indem man sie der Wirkung der neugebildeten Bündel unterwirft, ihren Magnetismus noch mehr verstärken. Hat man das Maximum der Stärke noch nicht erreicht, so wird man das nämliche Verfahren ein drittes, ein viertes Mal wiederholen, bis man endlich Bündel erhält, so kräftig, als man sie wünschen kann. — Nach der obigen Angabe bestand jedes der zum Streichen angewandten Bündel nur aus vier Stäben. Um jedoch sehr dicke Stangen zu magnetisiren, muß man sich stärkerer Bün-

Digitized by Google

bel zum Streichen bedienen; dann setzt man sie aus einer größeren Zahl Stäben zusammen, die man stufenweise über einander anordnet, so daß eine Stufe um 10 bis 12 Millimeter vor der andern vortritt, wie Fig. 270. darstellt. Diese Anordnung gründet sich darauf, daß die stärkste Entwickelung von Magnetismus immer nach dem Ende der Magnetstangen zu statt hat. Hier strebt nun immer ein Stab den Magnetismus in dem Ende des zunächst vor ihm vorstehenden Stabes zu erhalten und selbst zu verstärken. Um die Wirkung dieser Stäbe noch besser zu concentriren, kann man sie durch pyramidale Armaturen aus weichem Eisen, gleich den eben beschriebenen, vereinigen. — Wenn man mit dem System der Bündel, sowohl der festliegenden, als der beweglichen, aufgehört hat zu operiren, muß man die beiden Bündel jedes Paars einander parallel legen, so daß ihre gleichnamigen Pole einander entgegengesetzt werden, wie Fig. 271. darstellt. Darauf bringt man diese Pole durch Parallelepipeda von weichem Eisen in Verbindung, die, indem sie durch Vertheilung magnetisch werden, den Magnetismus der gepaarten Bündel binden und eher verstärken, als abnehmen lassen. Alle diese theoretischen Betrachtungen sind von Coulomb durch sehr genaue Versuche bestätigt worden, in welchen er Stäbe von den nämlichen Dimensionen und aus derselben Art Metall nach jenen verschiedenen Methoden magnetisirte und dann die Intensitäten des Magnetismus, den sie hierdurch erlangt hatten, nach der erörterten Methode der horizontalen Oscillationen schätzte. — Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß die Methoden von Duhamel und Aepinus vor allen andern das voraus haben, daß sich nach ihnen derselbe Grad von Magnetismus durch Streichen mit einer weit geringern Menge von Stäben hervorbringen läßt; es erhellt ferner daraus, daß diese beiden Methoden gleich viel leisten, so lange die zu magnetisirenden Stäbe nicht über 1 bis 2 Millimeter in der Dicke halten; für größere Dicken aber erhält die Methode von Aepinus entschieden den Vorzug. Uebrigens würde es eben nicht zweckmäßig sein, den Stäben in den magnetischen Apparaten eine größere Dicke als von 9 bis 10 Millimetern geben zu wollen, denn die Erfahrung lehrt, daß ein dickes Bündel, welches durch Vereinigung mehrer vorher einzeln magnetisirter Stäbe entstanden ist, kräftiger wirkt, was ohne Zweifel daher rührt, daß man jedem dieser Stäbe für sich einen weit kräftigern Magnetismus zu ertheilen vermag, als geschehen könnte, wenn man auf ihn wirken müßte, während er sich in der Mitte eines dickern Stabes befände. — In allem Bisherigen wurde vorausgesetzt, daß das Magnetisiren bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre geschehe. Vielleicht aber würde man eine stärkere Entwickelung von Magnetismus erlangen, wenn man die Temperatur der Stäbe während des Magnetisirens erhöhte oder ihren Aggregatzustand selbst veränderte. Das erste Mittel ist, wie erwähnt, von Robison angegeben, das zweite von Knight angewandt worden, und wie es scheint, mit hinlänglich glücklichem Erfolge, um eine gründliche Prüfung durch neue Versuche zu verdienen. Das Verfahren von Knight bestand darin, anstatt des Stahles einen künstlichen Teig anzuwenden, bestehend aus gepulvertem zerriebenen Eisenoxyd mit Leinöl

gemischt. Dieser Teig in einer gelinden Wärme getrocknet, wird nach seiner Versicherung im Laufe einiger Wochen fähig, durch Magnetisiren einen hohen Grad von Magnetismus anzunehmen und diesen dann hartnäckig beizubehalten.

Biot, von welchem die angegebene Beschreibung und Erörterung der verschiedenen Magnetisirungsarten herrührt, übergeht die Methode des Kreisstriches, welche namentlich von Steinhäuser als sehr wirksam zur Hervorbringung starker Magnete empfohlen worden ist. Diese Methode besteht darin, daß man, nachdem man nach Canton's Art zwei Stahlstäbe mit Stäben von weichem Eisen zum Parallelogramm verbunden hat, nun die, wie bei Mitchells Verfahren oder dem Doppelstrich, angeordneten Streichstäbe, anstatt sie, wie jene thaten, hin und zurückzuführen, vielmehr im Kreise auf dem Parallelogramm herumführt. — Neuere sehr schätzenswerthe Versuche über Magnetisirung sind von Hoffer angestellt und beschrieben worden. Sie enthalten eine Menge höchst brauchbarer practischer Winke, und ich halte es daher für Pflicht, wenigstens einen Auszug der Abhandlung desselben mitzutheilen. I. Magnetisirung hufeisenförmiger Stahle. Erste Methode. Man legt dem hufeisenförmigen Stahle sein Trageisen (Anker) (s. S. 537.) vor, setzt den Magnet, mit welchem er gestrichen werden soll (den Streichmagnet), entweder auf das äußerste Ende des Ankers, oder so nahe als möglich an demselben auf den zu magnetisirenden Stahl in aufrechter Stellung (Fig. 272.) und führt letzteren in gleichmäßigem Zuge bis über den Rand der Wölbung des zu magnetisirenden Stahles so hinaus, daß er immer eine mit seiner ursprünglichen parallele Stellung behält. Man wiederholt dieses Streichen nur einige Male, wodurch der zu magnetisirende Stahl für den gegebenen Streichmagnet bereits sein Maximum an Kraft erreicht; doch muß man wohl darauf achten, daß, wenn man den Streichmagnet nach jedem einzelnen Striche wieder in seine anfängliche Stellung bringt, er während des Zurückfahrens in diese Stellung den zu magnetisirenden Stahl nicht berühre. Untersucht man nun den magnetischen Zustand jedes Schenkels des gestrichenen Stahles an jener Fläche, an welche der Anker gewöhnlich angelegt wird (die Ankerfläche) so wird man ihn stets gleichnamig mit dem magnetischen Zustande jenes Schenkels des Streichmagnetes finden, mit welchem der Schenkel, dessen magnetischen Zustand man untersucht, während des Streichens in Berührung stand. — Die zweite Methode besteht darin, daß man den Streichmagnet mit seinen beiden Schenkeln (Fig. 273.) auf die Wölbung des zu magnetisirenden hufeisenförmigen Stahles aufsetzt, und ihn parallel mit seiner ursprünglichen Stellung längs der beiden Schenkel und über den oberen Rand ihrer Ankerflächen hinaus, oder wenn man den Anker vorgelegt hat, was jedoch bei dieser Methode nicht wesentlich ist, auch über denselben hinausführt, oder nahe an ihm nach der Seite abzieht. Auch dieses Verfahren wird nur wenige Male wiederholt, doch hat man die nämliche Vorsicht bei der jedesmaligen Zurückführung des Streichmagnetes in seine ursprüngliche Stellung wie bei der ersten Methode zu beobachten; übrigens ist diese Methode noch etwas ausgiebiger als

die frühere, insofern aber minder bequem, weil, wenn man den Anker während des Streichens vorlegt, dafür gesorgt werden muß, daß er von dem Streichmagnete nicht mit gerissen werde. Untersucht man aber bei dieser Methode den magnetischen Zustand jedes Schenkels des gestrichenen Stahles an dessen Ankerfläche, so wird man finden, daß jeder Schenkel an seiner Ankerfläche jenen magnetischen Zustand bekömmt, welcher ungleichnamig mit demjenigen ist, der jenem Schenkel des Streichmagnetes zukömmt, mit welchem er gestrichen wurde. — Will man an den Ankerflächen eines zu magnetisirenden Hufeisens jene magnetischen Zustände hervorrufen, welche mit der gewöhnlich schon vor der Magnetisirung eingegrabenen Bezeichnung der Schenkel übereinstimmen, so streiche man die Schenkel dieses hufeisenförmigen Stahles entweder von ihren Ankerflächen bis zu ihrer Krümmung, bei vorgelegtem Anker, mit gleichbezeichneten Schenkeln des Streichmagnetes, oder von der Krümmung zu den Ankerflächen, bei oder ohne vorgelegtem Anker, mit den ungleichbezeichneten Schenkeln des Streichmagnetes. — Streicht man einen hufeisenförmigen Magnet mit einem anderen stärkeren, aber so, daß durch den Strich nach dem über das Magnetisiren so eben ausgesprochenen Gesetze in jedem seiner Schenkel ein magnetischer Zustand erzeugt werden sollte, welcher demjenigen, den er bereits besitzt, entgegengesetzt wäre, so wird die ursprüngliche Kraft eines jeden Schenkels im gestrichenen Magnete geschwächt werden, und zwar nach einigen Strichen schon in einem solchen Grade, daß der Anker nicht mehr fest hält. Fährt man aber dann noch zu streichen fort, so wird, wenn der Streichmagnet eine Kraft hat, welche die ursprüngliche des gestrichenen bedeutend übersteigt, der Anker auch alsobald wieder angezogen werden, und nach einigen Strichen mit großer Kraft festhalten, nur wird man jetzt finden, daß beide Schenkel des gestrichenen Magnetes an den Ankerflächen magnetische Zustände angenommen haben, welche denjenigen, die sie früher hatten, gerade entgegengesetzt sind. — Da das Angeführte bei beiden Methoden, einen hufeisenförmigen Stahl zu magnetisiren, eintritt, so werden auch beide Methoden geeignet sein, die magnetischen Zustände der Schenkel eines Hufeisenmagnetes in die entgegengesetzten zu verwandeln, oder wie man sich auszudrücken pflegt, die Pole desselben **umzukehren**, und das Gesetz über das dabei zu beobachtende Verfahren wird mit Rücksicht auf die Bezeichnung der Schenkel also lauten: Will man die Pole eines Hufeisenmagnetes umkehren, so streiche man ihn mit einem anderen stärkeren Magnet, entweder von den Ankerflächen gegen die Wölbung, oder in gerade entgegengesetzter Richtung, jedoch so, daß im ersteren Falle die Schenkel mit den ungleichnamigen magnetischen Zuständen, im zweiten die Schenkel mit den gleichnamigen magnetischen Zuständen sich berühren. — Hat man zwei Hufeisenmagnete von verschiedener Stärke, bei welchen die magnetischen Zustände an den Ankerflächen mit der Bezeichnung ihrer Schenkel übereinstimmen, so wird man, wenn man dem schwächeren Magnete den Anker vorlegt, und den stärkeren Magnet auf den schwächeren so aufstellt, daß sich die ungleich bezeichneten Schenkel berühren, immer eine Stelle ausmitteln können, auf welcher der stärkere

Magnet bewirkt, daß der schwächere seinen Anker gar nicht anzieht. Wie man aber den stärkeren Magneten von dieser Stelle nach der Seite wegzieht, so wird auch der Anker mit der nämlichen Kraft wie früher an dem schwächeren festhalten. Diese Stelle ist desto weiter von den Ankerflächen des schwächeren Magnetes entfernt, je schwächer dieser Magnet und je stärker der andere ist. Will man nun mit einem stärkeren Magnete einen schwächeren entmagnetisiren, und beobachtet man dabei die Vorsicht, daß man den stärkeren Magnet stets an die so eben besprochene, jedoch nach jedem einzelnen Striche näher gegen die Wölbung des zu entmagnetisirenden Stahles rückende Stelle setzt, und ihn dann von dieser Stelle bis über die Wölbung hinausführt, so wird keine Umkehrung der Pole eintreten, vielmehr wird meistens ein sehr geringer Antheil der ursprünglichen Kraft zurückbleiben, welcher aber gleichfalls verschwindet, wenn man bei weggenommenem Anker noch einen Strich der ganzen Länge nach von den Ankerflächen bis zur Wölbung ebenfalls mit den entgegengesetzt bezeichneten Schenkeln des Streichmagnetes macht. — Der Einfluß des Materiales auf die Stärke der in einem Stahle hervorzurufenden magnetischen Zustände, welche nicht etwa mit dem Acte des Streichens wieder verschwinden, sondern denselben nach der Wirksamkeit der angewendeten Streichmethode bleibend überdauern sollen, ist ein doppelter. Es ist nämlich nicht nur die ursprüngliche Beschaffenheit des Materiales, sondern auch der einem zu magnetisirenden Stahle zu ertheilende Härtegrad wohl zu berücksichtigen. In Bezug auf die ursprüngliche Güte des Materiales kommt es vorzüglich auf Feinheit des Korns, dichte und vollkommene Gleichartigkeit des Gefüges an, indem Stahle, welche nicht ihrer ganzen Masse nach in Stahl verwandelt sind, sondern noch viele Eisentheile, oder wohl gar ganze Schichten von Eisen in sich enthalten, völlig unbrauchbar sind. Was aber den Härtegrad anlangt, welcher dem zu einem Magnet verarbeiteten trüglichen Stahle nach beendigtem Schmieden ertheilt werden muß, so hängt er selbst wieder von der Beschaffenheit des Materiales ab, und wächst mit der ursprünglichen Härte desselben; doch dürfte im Allgemeinen ein Anlassen zur strohgelben Farbe das Zweckmäßigste sein. Die zweckmäßigste Form, welche man einem zu magnetisirenden Stahle, insoferne es auf große Tragkraft abgesehen ist, geben kann, ist die des Hufeisens, aber eines Hufeisens mit möglichst parallelen Schenkeln, deren Breite und Entfernung von einander (Weite) gerade so groß ist, wie an dem Magnete, dessen man sich zum Streichen bedient, so daß, wenn man diesen Magnet, mit seinen Ankerflächen quer über die Schenkel des zu magnetisirenden hufeisenförmigen Stahles senkrecht aufsetzt (Fig. 272. und 273.) und ihn längs derselben parallel mit seiner ursprünglichen Stellung fortführt, diese stets ihrer ganzen Breite nach von den Ankerflächen des Streichmagnetes berührt werden, ein Umstand, der bei stark divergirenden Schenkeln des zu streichenden Stahles bei der gewöhnlichen Form der Streichmagnete nicht zu erreichen ist. — Ein wichtiger Umstand bei der Magnetisirung nach der ersten Methode ist aber der, daß keiner der Schenkel des gestrichenen Hufeisens seiner ganzen Länge nach denselben magnetischen

Zustand erhält, sondern nahe an der Wölbung in jedem Schenkel der entgegengesetzte Zustand von dem an der Ankerfläche hervortritt. Wie weit dieser entgegengesetzte Zustand aber in jedem Schenkel von der Wölbung an reiche, hängt vor allem davon ab, ob man mit oder ohne vorgelegten Anker gestrichen hat, und im letzteren Falle, ob der Anker nach beendigtem Streichen schon einmal von dem gestrichenen Stahle weggezogen wurde oder nicht. — Hat man ohne vorgelegten Anker gestrichen (wo man aber bei dem vorausgesetzten Streichen, von den Ankerflächen zur Wölbung, wie bereits erwähnt wurde, niemals eine bedeutende Kraft erhält), oder hat man nach dem Streichen den Anker bereits einmal weggezogen, so wird man, wenn man mit einer Boussole längs der Schenkel des so eben erzeugten Magnetes, in einerlei Ebene mit demselben, von der Ankerfläche eines der Schenkel über die Wölbung zu der Ankerfläche des anderen hinfährt, nur eine kleine Stelle in jedem Schenkel an der Krümmung bemerken, an welcher die Magnetnadel auf den entgegengesetzten magnetischen Zustand mit jenem an der Anker- oder vorderen Fläche hinweist. — Diese Stelle ist in jedem der Schenkel an der Wölbung immer vorhanden, es liegen die zwei Stellen beider Schenkel einander aber oft so nahe, daß man, um sie an der Magnetnadel auch dann ersichtlich zu machen, Mühe hat, den zu untersuchenden Magnet so gegen die Magnetnadel zu wenden, daß eine dieser Stellen die Wirkung der anderen nicht aufhebe. — Anders ist es aber, wenn man den Anker noch niemals hinweggezogen hat; hier wendet sich die Magnetnadel das erste Mal schon, wenn man, indem man seine Untersuchung gleichfalls von der vorderen Fläche eines Schenkels beginnt, mit ihr ungefähr bis in die Mitte desselben gekommen ist; sie behält dann diese ihre entgegengesetzte Richtung bis zur Mitte der Wölbung, oder wenn man den Schenkel untersucht, der mit dem Nordpol gestrichen wurde, wohl auch bis über die Mitte der Wölbung bei. Führt man die Magnetnadel von da längs des zweiten Schenkels fort, so nimmt sie in der Mitte dieses Schenkels wieder ihre erste, und von dort an bis zur vorderen Fläche desselben wieder die dieser entgegengesetzte Richtung an. — Untersucht man auch bei der zweiten Methode den magnetischen Zustand der beiden Schenkel ihrer ganzen Länge nach, so wird, man mag mit oder ohne vorgelegten Anker, gestrichen, und im ersten Falle denselben schon einmal weggezogen haben oder nicht, doch nie ein Folgepunkt zu bemerken sein. Jeder Schenkel behält denselben magnetischen Zustand seiner ganzen Länge nach, nur nimmt die magnetische Kraft von der Ankerfläche gegen die Wölbung zu ab, so daß die indifferente Stelle der Wölbung bei gleicher Stärke der magnetischen Kräfte in beiden Schenkeln des Streichmagnetes auch genau in die Mitte derselben fällt. — Merkwürdig ist aber noch der Umstand, daß, wenn man einen hufeisenförmigen Stahl nach der ersten Methode: das ist, mit den gleichnamigen Polen des Streichmagnetes von den Ankerflächen zur Wölbung magnetisirt hat, wobei, wie gesagt, stets zwei Folgepunkte an der Wölbung eintreten, es nur eines einzigen Striches nach der zweiten Methode: das ist, mit den ungleichnamigen Polen des Streichmagnetes von der Wölbung zu

den Ankerflächen, bedarf, um diese Folgepunkte wieder aufzuheben, und, wenn umgekehrt der Stahl nach der zweiten Methode magnetisirt war, auch wieder ein einziger Strich nach der ersten Methode genügt, um diese Folgepunkte wieder hervorzurufen. Hat man daher einen Stahl nach beiden Methoden zugleich, jedoch stets so gestrichen, daß in jedem Schenkel an seiner Ankerfläche immer derselbe polare Zustand hervortrat, so wird man durch einen Versuch an der Magnetnadel angeben können, von welcher Natur der letzte Strich gewesen sei. — Das Verfahren, welches Hoffer zur II. Magnetisirung von geraden Stangen zuerst anwendete, war dem Vorgange bei jener Magnetisirung der hufeisenförmigen Stahle ganz analog, bei welcher (nach der ersten Methode hufeisenförmige Stahle zu magnetisiren) bei vorgelegtem Anker mit den gleichbezeichneten Schenkeln des Streichmagnetes von der Ankerfläche zur Krümmung des zu magnetisirenden Stahles gestrichen wurde. — Da aber das angegebene Verfahren, abgesehen von der höchst wichtigen Rolle, welche der Anker dabei spielt, seine vorzügliche Wirksamkeit hauptsächlich dem Umstande verdankt, daß sowohl beide Schenkel des Streichmagnetes, als auch beide Schenkel des zu streichenden Stahles, auf eine gleiche Weise beschäftigt sind, so suchte Hoffer die Uebertragung dieser Methode auf gerade Stahlstangen dadurch zu bewerkstelligen, daß er jedesmal zwei Stangen von ganz gleichen Dimensionen auf einmal magnetisirte, zum Magnetisiren derselben sich aber auch zweier hufeisenförmiger Streichmagnete von beiläufig gleicher magnetischer Kraft und gleicher Weite der Schenkel bediente. — Um allen Irrungen vorzubauen, ließ er wieder jede der beiden Stangen an einem ihrer Enden zu beiden Seiten mit N, an dem entgegengesetzten Ende zu beiden Seiten mit S schon vom Stahlarbeiter bezeichnen, und wenn er sie magnetisiren wollte, so legte er sie auf ihren breiteren Seiten parallel neben einander in einer Entfernung, welche der Weite der anzuwendenden hufeisenförmigen Streichmagnete entsprach, dergestalt, daß je zwei ihrer Ankerflächen an den mit ungleichen Buchstaben bezeichneten Enden in einerlei Ebene zu liegen kamen, und gab an diese vier Oberflächen zwei Anker, so daß ein und derselbe Anker stets zwei nach derselben Seite sehende Ankerflächen der ganzen Breite nach berührte. — Die Dicke eines jeden Ankers war genau der Dicke, die Breite aber nur beiläufig der Breite einer dieser Stangen gleich, die Länge der Anker bestimmte sich nach der Entfernung, in welche die Stangen gelegt wurden. — Das erste Verfahren beim Streichen ist nun folgendes: Man nehme in jede Hand einen Streichmagnet, setze einen derselben nahe an den einen Anker, den anderen nahe an den anderen Anker senkrecht so auf, daß jeder Streichmagnet beide Stangen ihrer ganzen Breite nach und zwar mit seinen gleichbezeichneten Schenkeln berühre, wie solches Fig. 274. ausweist, und führe beide Streichmagnete parallel mit ihrer ursprünglichen Stellung längs der Stangen bis in die Mitte derselben so nahe als möglich, selbst bis sie sich berühren, gegen einander, worauf man sie dann entweder zugleich in die Höhe hebt, oder in entgegengesetzten Richtungen an dieser Stelle nach der Seite auseinander zieht, wie solches

die in der Figur beigesetzten Pfeile anzeigen. — **Zweite Methode.** Es ist einleuchtend, daß man auch das Princip der zweiten Methode, hufeisenförmige Stahle zu magnetisiren, bei welcher man mit den ungleichnamigen Polen des Streichmagnetes von der Krümmung des zu streichenden Stahles gegen dessen Ankerfläche fährt, auf ähnliche Weise zur gleichzeitigen kräftigen Magnetisirung zweier gerader Stahlstangen anwenden könne, und der Unterschied im Verfahren gegen die vorige Methode wird vor allem der sein, daß man die beiden hufeisenförmigen Streichmagnete in der Mitte der beiden Stangen, jedoch wieder so aufsetzt, daß jeder Streichmagnet beide Stangen ihrer ganzen Breite nach berühre; die vier Pole der Streichmagnete müssen aber so angewendet sein, daß, wenn man nun den Strich beginnt, und die beiden Streichmagnete parallel mit ihrer ursprünglichen Stellung auf solche Weise von einander entfernt sind, daß man sie über die ihnen zunächst stehenden Hälften der Stangen und die Ankerflächen derselben hinauszieht, jeder Schenkel des Streichmagnetes über die ungleichbezeichnete Hälfte der Stahlstangen, auf deren Mitte er aufgestellt wurde, hingleite. Fig. 275. zeigt die ursprüngliche Stellung der Streichmagnete, und die beigesetzten Pfeile die Richtung an, nach welcher jeder einzelne Streichmagnet geführt wird. — Das Vorlegen von Ankern ist bei dieser zweiten Methode zwar nicht absolut nothwendig, jedoch auch hier vortheilhaft, soll aber diese Methode überhaupt in der Ausführung bequem handzuhaben sein, so muß man noch insbesondere dafür sorgen, daß beim Hinausziehen der Streichmagnete über die Ankerflächen der Stangen zu Ende jedes einzelnen Striches die Stangen nicht mitgezozogen werden und sich verschieben, was durch Einlassen der zu magnetisirenden Stahlstangen in ihre Unterlage, oder auch dadurch leicht bewerkstelligt werden kann, daß man sie in der Mitte durch eine schmale Ueberlage festhält, an deren beiden Seiten dann die beiden Streichmagnete zu Anfange jedes Striches aufgestellt werden. — Uebrigens ist die Ausgiebigkeit dieser zweiten Methode nicht geringer als die der ersten, und es wird auch nach dieser Methode häufig durch Einen Strich und sicher durch zwei oder drei das Maximum an Kraft für die Stärke der jedesmaligen Streichmagnete erreicht. — **Dritte Methode.** Hier bedient man sich nur Eines Streichmagnetes. Man hat nichts anderes zu beobachten, als daß man die Stangen wieder in dieselbe Lage bringt, wie bei den beiden früher besprochenen Methoden, beide Anker, oder doch wenigstens einen vorlegt, und den Streichmagnet in der Nähe dieses einen, oder wenn man beide Anker vorgelegt hat, bei irgend einem dieser Anker wieder senkrecht über die Breite der beiden Stangen so aufstellt, daß jede zu magnetisirende Stange von dem gleichbezeichneten Schenkel des Streichmagnetes berührt werde, wo man dann den Streichmagnet längs den ganzen Stangen über die entgegengesetzten Enden hinausführt. Fig. 276. zeigt die ursprüngliche Stellung des Streichmagnetes, die beigesetzten Pfeile aber die Richtung des Striches an. Am zweckmäßigsten verfährt man, wenn man die beiden Stangen nicht nach der Quere, sondern der Länge nach vor sich hinlegt, den Streichmagnet auf die entfernteren Enden der Stangen aufstellt und gegen sich

zieht, und mit dem Daumen der freien Hand an dem Anker, gegen welchen man streicht, während des Streichens entgegendrückt. — Diese Methode ist in hohem Grade ausgiebig, und man wird finden, daß es eben noch keines ausserordentlich kräftigen Streichmagnetes bedarf, um beide Stangen selbst durch einen einzelnen Strich bis zu einem Grade zu magnetisiren, daß, wenn man einen der Anker behutsam faßt, an diesem Anker beide Stangen sammt dem anderen Anker als ein geschlossener Raum wie Fig. 277. freischwebend in der Luft erhalten werden können, welche Erscheinung übrigens wohl auch durch jede der beiden früheren Methoden, nur nicht so bequem, und daher für den Ungeübten nicht mit gleicher Sicherheit bewirkt wird. — Es wird sich ferner zeigen, daß bei Anwendung jeder der drei Methoden ein einziger gehörig geführter Strich schon bewirkt, daß eine jede der beiden Stangen an jedem ihrer Pole für sich mehr als ihr eigenes Gewicht trägt, so daß, wenn man zwei Stangen zu gleicher Zeit magnetisirt hat, und an den nach abwärts gehaltenen Pol der einen Stange den freundschaftlichen Pol der andern bringt, diese zweite Stange nicht nur freischwebend erhalten wird, sondern daß man selbst an ihr unteres freies Ende noch ein nicht unbedeutendes Gewicht anbringen kann, ohne daß eine Trennung der beiden Stangen erfolgte. — Die Erscheinungen an den gleichbezeichneten, aber nach verschiedenen Seiten sehenden Ankerflächen eines Stangenpaares sind sowohl bei der ersten, als bei der zweiten Methode, jede für sich beobachtet, vollkommen gleich und genau dieselben, welche bei den analogen Methoden, gekrümmte Stäbe zu magnetisiren, an den Ankerflächen der mit demselben Buchstaben bezeichneten Schenkel stattfinden. — Bei der dritten Methode kann man an jenem Ende der Stangen, an welches man den Streichmagnet zuerst aufgesetzt hat, alle jene Erscheinungen beobachten, welche an einem hufeisenförmigen Stahle beim Streichen mit den gleichnamigen Schenkeln von den Ankerflächen zur Wölbung stattfinden, während an dem anderen Ende derselben jene Erscheinungen eintreten, welche bei dem Streichen eines Hufeisens von der Wölbung zur Ankerfläche angegeben wurden. — Folgepunkte haben bei der zweiten und dritten Methode nie statt; bei der ersten Methode hat man aber wieder zu unterscheiden, ob man die Anker nach vollendetem Striche schon einmal weggeschoben hat oder nicht. — Bei allen vorerwähnten Methoden ist die Anlegung eines Ankers an den zwei Enden, an welchen der Streichmagnet beim Streichen zuerst aufgesetzt wird, vorausgesetzt, um eine kräftige Magnetisirung zu bewirken. Will man ohne Anker streichen, so bediene man sich folgender Methode: Die zu magnetisirenden Stangen werden nicht neben einander, sondern nach einander gelegt, daß je zwei unmittelbar auf einander folgende Stangen sich mit den ungleich bezeichneten Enden berühren, und man nun wieder über alle diese Stangen vom freien Ende der ersten bis zum freien Ende der letzten mit dem nämlichen einen Pole des Streichmagnetes und zwar mit jenem Pole hinfährt, der gleichnamig mit dem freien Ende jener Stange ist, auf welche man den Magnet zuerst gesetzt hat. — Hätte man nur zwei Stangen zu magnetisiren, und würde man, um einen bestimmten Fall

vor Augen zu haben, diese Magnetisirung durch den Nordpol des Streichmagnetes bewerkstelligen wollen, worauf sich die Zeichnung Fig. 278. bezieht, in welcher der beigesetzte Pfeil die Richtung des Striches anzeigt, so würden die beiden Stangen an jenen Enden, an welchen sie sich berühren, oft schon durch einen Strich ein Maximum an Kraft erlangen, etwas weniger Kraft an jenem Ende, gegen welches gestrichen wurde, noch weniger aber an demjenigen, von welchem der Strich ausging. — Will man aber auch an diesem freien Ende die magnetische Kraft zu demselben Grade erhöhen, wie an dem freien Ende der andern Stange, so dürfte man nur mit dem andern Pole des Streichmagnetes, hier der Südpol (Fig. 279.) einen Strich in entgegengesetzter Richtung d. i. von der früheren zweiten Lamelle zu der Ankerfläche der ersten machen. — Soll aber hierbei die an dem freien Ende der zweiten Lamelle durch den unmittelbar vorausgegangenen Strich bereits erlangte Kraft nicht geschwächt werden, so wird das Aufstellen des, in Bezug auf die Lamelle, auf welche der Magnet nun aufgesetzt wird, wieder gleichnamigen Poles des Streichmagnetes Fig. 279. in einiger, und zwar von der Stärke des Streichmagnetes abhängigen Entfernung von der freien Ankerfläche dieser Stange bewerkstelligt werden müssen, was auch für jeden folgenden Strich zu beobachten sein wird, es mag selbiger von der einen oder der anderen Seite geschehen. — Um aber die Magnetisirung an den beiden freien Enden der Größe nach jener gleich zu machen, welche an jenen Ankerflächen der beiden Stangen eintritt, an welchen sie sich berühren, und um die Magnetisirung beider Stangen an allen ihren vier Enden zugleich auf den größtmöglichsten Grad der Stärke zu bringen, verfährt man auf folgende Weise: Man magnetisirt die zwei Stangen durch die zwei Striche, welche in den Figuren 278. und 279. angezeigt sind, unmittelbar nach einander, nimmt sie dann auseinander, und legt sie an ihren anderen Enden zusammen, indem man auch in der letzten Lage die beiden nämlichen Striche anwendet, wie solches die Fig. 280. andeutet, bei welchen letzteren Strichen gleichfalls die Regel gilt: daß der Pol des Streichmagnetes gleichnamig sein muß mit der Bezeichnung des freien Endes jener Stange, auf welche er bei dem einzelnen Striche zuerst, und zwar in einiger Entfernung von diesem freien Ende aufgestellt wird. — Hat man nicht zwei, sondern mehre Stangen zu streichen, so können sie alle auf die oben bezeichnete Weise, so daß sie sich mit den ungleich bezeichneten Enden berühren, nach einander gelegt, und gerade so behandelt werden, als ob nur zwei Stangen zu magnetisiren wären. Streicht man nämlich über alle diese Stangen mit dem einen Pole des Magnetes, und dann mit dem entgegengesetzten Pole von der Mitte der letzten Stange aus über alle Stangen, bis über den freien Rand der ersten zurück, so haben alle mittlere Stangen an beiden Enden ein Maximum an Kraft erreicht, und in Bezug auf die beiden äußersten gilt genau, was früher bei zweien gesagt wurde. — Es ist aber klar, daß man nach dieser Methode auch mit jedem der Pole des Streichmagnetes zu gleicher Zeit die Magnetisirung mehrer Stahlstangen vornehmen könne, nur wird die Lage der zu streichenden Stangen in Be-

zug auf die Bezeichnung ihrer Enden für beide Pole des Streichmagnetes nicht dieselbe, sondern genau die entgegengesetzte sein müssen. — Würde man überdieß dem ersten und letzten Stangenpaare noch Anker vorlegen, wie in Fig. 281., so wird man selbst durch einen einzigen Strich eines starken Streichmagnetes sämmtliche, und überhaupt eine beliebig große Anzahl gerader Stahlstangen sehr kräftig zu magnetisiren im Stande sein, sicher aber ein Maximum erreichen, wenn man auf einige Striche nach einer Richtung noch einige nach entgegengesetzter Richtung folgen ließe, wobei der Streichmagnet jedesmal ganz nahe an dem Anker an jener Seite, von welcher jeder einzelne zu führende Strich beginnt, anzusetzen wäre, die Pole des Streichmagnetes aber immer so zu wählen sind, daß sie mit der Bezeichnung der an den Anker liegenden Enden des Stangenpaares, an welches sie zu Anfang eines Striches aufgestellt werden, übereinstimmen.

Die Menge des Magnetismus, welche ein Körper **aufnimmt**, hängt immer von der magnetischen Kraft der Magnetstangen ab, deren man sich bei der Magnetisirung bedient; aber die Menge des Magnetismus welche er **festhält**, hat eine gewisse Grenze, die man den Punkt der **Sättigung** nennt. Eine Nadel z. B. welche nur 100 Oscillationen in 100 Secunden macht, wenn man sie mit schwachen Magnetstählen magnetisirt, kann diese 100 Oscillationen in 90, 80, 70 Secunden u. s. w. machen, wenn man sie mit fortgehender Steigerung nach einer der angegebenen Methoden mit Magnetstäben magnetisirt; wird sie aber nach jeder dieser Operationen sich selbst überlassen, so bietet sie folgende Erscheinungen dar: unter einer gewissen magnetischen Intensität z. B. der, welche 100 Oscillationen in 40 Secunden entspricht, hält sie allen Magnetismus zurück, den sie empfangen hat; nämlich noch nach Monaten und Jahren macht sie 100 Schwingungen in derselben Zeit, wie unmittelbar nach ihrer Magnetisirung, aber größere Intensitäten, nämlich solche, bei denen sie 100 Oscillationen in 30 oder 20 Secunden macht, nehmen mehr oder weniger schnell mit der Zeit ab. Die Nadel kommt endlich auf den Punkt zurück, auf welchen sie 100 Oscillationen in 40 Secunden macht, und diese Grenze der Intensität ist dann ihr Sättigungspunkt. Es ist hiernach klar, daß der Sättigungspunkt einer Platte oder Nadel nur von der Coërcitivkraft derselben, aber keinesweges von der Kraft der Magnete abhängt, mit denen sie magnetisirt worden. **Pouillet** bemerkt, man gebe im allgemeinen vor, daß die mit Magnetismus **übersättigten** Körper unmittelbar auf den Punkt der Sättigung zurückgehen. Bei seinen magnetischen Untersuchungen habe er aber sehr verschiedene Körper in Bezug auf Beschaffenheit, Dimensionen und Coërcitivkraft beobachtet und immer gefunden, daß der Sättigungspunkt keine so feste Grenze ist, wie man annimmt; 1) gäbe es immer nach der Magnetisirung eine Reaction der magnetischen Flüssigkeiten, welche ihre Anordnung verändere und zuweilen die magnetische Intensität vermehre; 2) verlören die übersättigten Nadeln den magnetischen Ueberschuß nur sehr langsam und nicht selten könne man noch nach Monaten keine Veränderungen in der magnetischen Kraft beobachten. — Um zu erkennen, ob eine Nadel bis zur

Sättigung magnetisirt ist, gibt es kein anderes Mittel, als sie aufs neue in demselben Sinne, wie das erste Mal, aber mit stärkeren Magneten zu magnetisiren. Nimmt sie dann eine bei weitem stärkere Intensität an, so war sie vorher nicht gesättigt, nimmt sie aber nur eine geringe Vermehrung der Intensität an, welche im Laufe der Zeit wieder verloren geht, so ist dieß ein Beweis, daß sie auf den Sättigungspunkt gebracht war. Man darf nicht glauben, daß die magnetische Intensität einer Nadel ins Unendliche vermehrt werden könne, indem man ihr eine große Anzahl von Strichen mit schwachen Magnetstählen gibt; bei Ueberschreitung einer gewissen Grenze bewirken neue Striche keine weitere Erhöhung der Magnetisirung und diese Grenze tritt ein, sobald der Widerstand der Coërcitivkraft der Kraft gleich ist, mit welcher die Magnetstäbe die entgegengesetzten Magnetismen trennen. Man darf ferner nicht glauben, daß eine durch mächtige Magnetstäbe magnetisirte Nadel ohne Nachtheil nachher durch Striche mit Magnetstäben von geringerer Intensität wieder magnetisirt werden könne, denn diese entziehen ihr vielmehr, selbst wenn sie in demselben Sinne wie die zuerst bei der Magnetisirung angewandten Magnetstäbe wirken, allmählig einen Theil ihres Magnetismus und führen so die Nadel endlich zu demjenigen Grade der Intensität zurück, den sie selbst ihr hätten ertheilen können.

Ueber den Einfluß der Härtung des Stahles auf die Coërcitivkraft sind wichtige Versuche angestellt worden. Das sicherste Mittel, den Stahl bis zu gewissen unter einander vergleichbaren Graden der Härtung zu bringen, ist, ihm zunächst den größten Grad der Härte zu geben und hernach ihn gradweise auszuglühen bis zu dem bestimmten Punkte der Härtung, so daß die verschiedenen Grade der Härtung eigentlich die verschiedenen Grade der Ausglühung sind. Um einem Stahlstabe den größten Grad der Härtung zu ertheilen, erhitzt man ihn bis zum hellen Kirschrothglühen oder bis zum Weißglühen und wirft ihn plötzlich in eine große Menge kalten Wassers. Die schnelle Erkältung bewirkt die Härtung, so daß es für die Gleichmäßigkeit der Härtung und damit sich der Stahl nicht werfe, von Wichtigkeit ist, daß die Abkühlung zugleich von allen Seiten geschehe. Man kann den Stahl in Oel, Unschlitt, Quecksilber, Eis, in Auflösung verschiedener Substanzen oder selbst in kältenden Gemischen härten. Diese verschiedenen Arten der Abkühlung scheinen von Einfluß auf die mechanischen Eigenthümlichkeiten der Stahlfedern zu sein, so wie der Schneide- und Stichinstrumente, aber sie scheinen die magnetischen Eigenthümlichkeiten des Stahles auf keine bemerkbare Weise zu bestimmen. — Um den gehärteten Stahl auszuglühen, erhitzt man ihn gleichmäßig über einem Lager von Kohlen, welche gepulvert oder nur in größere oder kleinere Stücke zerschlagen sind, je nach der Ausglühung, die man bewirken will. Die große Schwierigkeit ist, hierbei die verschiedenen Wärmegrade zu messen, aber der Stahl hat eine merkwürdige Eigenthümlichkeit, nach welcher man ziemlich genau die Temperatur, welcher er ausgesetzt ist, schätzen kann. Wenn man ihn in der angegebenen Weise erhitzt, so nimmt seine Oberfläche lebhafte Farben an, welche ziemlich

langsam auf einander folgen, so wie die Hitze vermehrt wird. Zuerst auf den strahlenden Metallglanz folgt eine Art von Hellgelb oder Strohgelb; bei einer etwas höheren Temperatur geht diese Färbung in Orange über, dann in Tieforange, hierauf in Röthlichviolett, dann in Hellblau, darauf in eine grünliche Farbe, die sehr glänzend ist und die man Wasserfarbe nennt (couleur d'eau). Diese Nuancen, welche sich bestimmt von einander unterscheiden, entsprechen bestimmten Temperaturen, welche nicht nach Thermometergraden geschätzt sind, aber welche ohne Zweifel von der Art sind, daß eine Differenz von mehr als 200 bis 300° zwischen dem Strohgelb und der Wasserfarbe liegt. Die erste dieser Nuancen scheint ohngefähr einer Temperatur von 200° C. zu entsprechen, und die zweite einer Temperatur von 450°. Ueber diese hinaus kann man die Ausglühung bis zum Dunkelglühen, zum Rothglühen, zum kirschrothen Glühen, bis zum hellkirschroth Glühen und bis zum Weißglühen fortsetzen. Bei dem letzteren verschwindet jede Spur von Härtung, wenn bei dem Herausnehmen dieser Temperatur der Stahl frei an der Luft abkühlt. — Um den Einfluß der Härte zu bestimmen, nimmt man eine Stahlplatte, härtet sie in der Weißglühhitze, magnetisirt sie bis zur Sättigung und beobachtet darauf die Zeit, während welcher sie 100 Schwingungen macht. Darauf glüht man sie nach und nach aus, indem man sie die verschiedenen Nuancen der Färbung durchgehen läßt, indem man sie nach jedem Grade der Glühung aus der Hitze nimmt, um sie bis zur Sättigung zu magnetisiren und die Zeit der Schwingungen zu beobachten. Offenbar werden die verschiedenen magnetischen Intensitäten unter sich im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Zeiten stehen. Auf diese Weise findet man durch den Versuch, 1) daß diejenigen Platten, welche die stärkste Härtung erhalten haben, die größte Coërcitivkraft haben und folglich die größte magnetische Intensität annehmen, wenn man sie mit hinlänglich starken Magnetstäben magnetisirt. 2) daß die bis zum Blau der Stahlfedern ausgeglühten Platten, ja sogar die bis zur Wasserfarbe ausgeglühten hinlängliche Coërcitivkraft behalten, um eine große magnetische Intensität aufzunehmen. Da nun der stark gehärtete Stahl spröde wie Glas wird, so ist es immer von Vortheil, die Nadeln bis zum Blauwerden auszuglühen, weil man dadurch nur wenig an magnetischer Intensität verliert und die Gefahr des leichten Zerbrechens oder Zerspringens vermeidet. Indessen verhält sich der Stahl nicht immer in der angeführten Weise, zuweilen nimmt er unvermeidlich Folgepunkte an, wenn er den höchsten Grad der Härte erlangt hat. Andermale nimmt der Stahl die größte magnetische Intensität erst dann an, wenn er bis zum Dunkelglühen oder sogar bis zum Rothglühen ausgeglüht worden ist. Nach Hansteen kann ein in Oel gekochter Cylinder einen Magnetismus annehmen, der über anderthalb Mal so stark ist, als derjenige, welchen ein glasharter erhalten kann.

Was den Einfluß der Wärme auf den Magnetismus betrifft, so wurde schon gesagt, daß ein künstlicher oder natürlicher Magnet, welcher bis zum Weißglühen erhitzt wird, seinen Magnetismus vollkommen verliert. Diese Beobachtung hat schon Gilbert gemacht, aber diese

Körper verlieren nicht zugleich mit ihrem freien Magnetismus die Fähigkeit aufs neue magnetisch zu werden. Sie können nach einer der angegebenen Methoden wieder magnetisirt werden, nur ihre Coërcitivkraft zeigt sich geändert, die der natürlichen Magnete ist vermindert und kann nicht wieder hergestellt werden, und die der künstlichen Magnete ist zerstört, so lange bis sie durch eine neue Härtung wieder hergestellt ist. Der Magnetismus verschwindet nicht plötzlich bei eintretender Glühung, sondern dieß geschieht nach und nach, sowie sich die Temperatur erhöht. Um sich hiervon zu überzeugen, zählt man die Schwingungen, welche ein Magnetstab in einer bestimmten Zeit macht, bringt ihn hierauf auf verschiedene Hitzegrade und läßt ihn nach jedem derselben abkühlen, um aufs neue aus der Zahl der Schwingungen seine magnetische Intensität zu beobachten. Auf diese Weise findet man, daß nach jedem höhern Temperaturgrade die magnetische Intensität schwächer ist. Kupffer, welcher sehr genaue Beobachtungen über diesen Gegenstand gemacht hat, hat gezeigt, daß jeder Grad Temperaturerhebung die Dauer einer bestimmten Anzahl von Oscillationen um gleich viel verlängert z. B. von 0 bis 30° R. verlängert jeder Temperaturgrad die Dauer von 300 Oscillationen einer Magnetnadel, welche bei 10° R. 300 Oscillationen in 784,5 Secunden macht um eine halbe Secunde. Hiernach ließe sich aus der Schwächung, welche ein Magnet oder eine Magnetnadel für eine Temperaturerhöhung um eine gewisse Anzahl Grade erfährt, die Schwächung für eine beliebige andere Erhöhung der Temperatur finden. Kupffer hat das Gesetz als giltig zwischen dem Thaupunkte und dem Siedepunkte angegeben, jedoch bedarf es noch einer nähern Bestätigung um so mehr, da Christie zwar zwischen — 15,5° R. bis + 21,5° R. die Schwächung des Magnetismus der Temperaturabnahme nahe proportional fand, in höhern Temperaturen jedoch ein unverhältnißmäßig schnelles Abnehmen der magnetischen Intensitäten beobachtet haben will. Kupffer fand ferner, daß eine sehr lange Zeit erforderlich ist, damit eine gegebene Temperatur auf eine Stahlstange alle die Wirkungen äußere, die sie im Stande ist, hervorzubringen, z. B. eine Nadel, welche zu verschiedenen Malen in siedendes Wasser getaucht war, wo sie jedesmal 10 Minuten blieb, hatte nur erst nach der sechsten Eintauchung den höchsten Grad des Verlustes, den diese Temperatur hervorzubringen vermag, erlitten. Anfangs brauchte sie nur 578 Secunden zu 200 Oscillationen. Nach der ersten Eintauchung brauchte sie 637,5; nach der zweiten 642; nach der dritten 645; nach der vierten 647; nach der fünften 650,5; nach der sechsten 652 und eben so viel auch nach der siebenten. Eine andere noch nicht genug berücksichtigte Wirkung der Wärme ist die, daß die Magnete bei der Temperatur des kirschrothen Glühens (Eisen sowohl wie Stahl) nicht allein den freien Magnetismus, den sie besitzen können, verlieren, sondern sogar unfähig werden, die geringste Spur von Magnetismus anzunehmen; so lange sie in dieser Temperatur verharren, scheinen sie, wie Holz oder Stein, völlig unempfindlich für den Einfluß der stärksten Magnetstäbe. Die Magnete, Stahl und Eisen haben also eine magnetische Grenze und diese Grenze befindet sich

Digitized by Google

nach **Pouillet** bei den verschiedenen magnetischen Körpern in sehr verschiedenen Temperaturen. Der **Kobalt** hört niemals auf magnetisch zu sein oder vielmehr seine magnetische Grenze liegt in einer Temperatur, welche bei weitem höher ist, als die des lebhaftesten Weißglühens. **Chrom** hat seine magnetische Grenze etwas unter der Temperatur des dunkelen Glühens. **Nickel** hat seine magnetische Grenze bei ungefähr 350°, ungefähr bei der Temperatur des schmelzenden Zinkes. **Mangan** endlich hat seine magnetische Grenze bei 20 bis 25° unter 0°. Hieraus scheint sich zu ergeben, daß im Grunde alle Körper magnetisch sind und daß nur bei den meisten die magnetische Grenze bei einer so niedrigen Temperatur liege, daß wir sie in ihrem magnetischen Zustande zu beobachten niemals Gelegenheit haben. So ist die Wärme im Allgemeinen von großem Einfluß auf die Fähigkeit der Körper, magnetische Erscheinungen zu zeigen, aber niemals tritt dieselbe als den Magnetismus selbst hervorbringende Ursache auf. Einige Physiker haben zu finden geglaubt, daß das **Licht** in gewissen Fällen Magnetismus erregen könne, namentlich soll dieses vom violetten Lichte gelten, andere Physiker haben aber die hierher gehörigen Beobachtungen nicht bestätigt gefunden. S. d. Art. **Licht** und **Farbe** S. 351.

Während bisher nur von künstlichen Magneten die Rede war, welche eine mehr oder weniger längliche Gestalt hatten und bei denen die Vertheilung des Magnetismus in der Richtung der Längenaxe stattfindet, so daß auf dieser die entgegengesetzten Pole liegen, ist noch eine andere Weise der Magnetisirung möglich, nämlich eine solche, bei welcher die Magnetismen in einer gegen die Längenaxe quer stehenden Richtung auseinander gehen. Ein solcher Magnet heißt ein **Transversalmagnet** (v. d. lat. transversus quer). Hängt man einen solchen frei wie eine Magnetnadel auf, so stellt er sich in der Richtung von Osten nach Westen, indem er seine nordpolarische Seite gegen Norden, seine südpolarische gegen Süden kehrt. **Beccaria** stellte Transversalmagneten her, indem er Nadeln oder Stäbe ihrer Länge nach in der Richtung von Osten nach Westen stellte, und den elektrischen Schlag der Quere von Norden nach Süden durch sie hindurchgehen ließ. Andere Methoden der Erzeugung von Transversalmagneten sind von **Prechtl** und **Schmidt** angegeben. Nach **Prechtl** wickle man auf eine Glasröhre oder einen hölzernen Cylinder feinen oder gröbern (nicht übersponnenen) Stahldraht in Spiralen auf, so daß sich diese einander berühren und als ein zusammenhängender Ueberzug die Unterlage bedecken. Man setze dann an das eine Ende dieses überwundenen Cylinders den Süd- oder den Nordpol eines Magnets und führe ihn nach der Länge des Cylinders, jedoch so über ihn hin, daß die Richtung des Striches in Einer Ebene mit der Axe des Cylinders bleibt. Solchergestalt wird der Cylinder seiner ganzen Länge nach auf der einen Seite nordpolarisch und auf der anderen Seite südpolarisch werden. — **Schmidt** stellt ähnliche cylindrische Transversalmagnete so dar, daß er einen ganz ähnlichen Cylinder, wie bei **Prechtl's** Darstellungsart, auf einen dünnen Clavierseitendraht, doch so, daß Wachstaffet dazwischen ist, der Länge nach legt und nun durch den Draht einen elek-

trischen Entladungsschlag gehen läßt. Dann entsteht in dem Cylinder unmittelbar über dem Drahte eine Linie magnetischer Indifferenz, und um einen Quadraten davon, links vom Strome eine nordpolarische, rechts vom Strome eine südpolarische Linie.

Wenn eine Kugel, eine Scheibe, ein Ring, ein Cylinder von Stahl in der Mitte durchbohrt, ein in eine Glasröhre eingeschlossener Metalldraht durch diese Durchbohrung gesteckt und durch diesen ein elektrischer Entladungsschlag geführt wird, so zeigt auch bei der sorgfältigsten Prüfung der Stahlkörper keine Spur von freiem Magnetismus; schneidet man aber die Scheibe auseinander, oder schneidet einen Sector heraus, oder öffnet den Ring an einer beliebigen Stelle, so erscheinen die Schnittflächen entgegengesetzt magnetisch. Setzt man das herausgeschnittene Stück wieder an seine Stelle, oder vereinigt den zerschnittenen Theil, so verschwindet damit auch wieder aller freie Magnetismus. Ueber die weiteren merkwürdigen Beobachtungen der Erzeugung von Magnetismus durch Elektricität s. d. Art. Elektromagnetismus.

Es wurde schon oben ausgesprochen, daß nicht unwahrscheinlich alle Körper Magnetismus besäßen. Hierfür kann man die Bestätigung noch in andern, als den dort erwähnten Beobachtungen finden, welche zuerst von Coulomb gemacht worden. Dieser nämlich machte im J. 1802 die Beobachtung bekannt, daß die Magnete auf alle in Ruhe befindliche Körper Wirksamkeit äußern, welches auch bei ihnen die Gegenwart des Magnetismus voraussetzt. Um den Magnetismus aller Körper zu beobachten, muß man jedem derselben, den man zum Gegenstand der Beobachtung machen will, die Form eines kleinen Stabes oder Cylinders (Nadel) von 7 bis 8 Millimeter Länge und ¾ Millimeter Dicke geben (bei den Metallen muß die Dicke nur ⅓ der angegebenen betragen), sie an einen feinen Coconfaden aufhängen und sie zwischen die entgegengesetzten Polenden zweier Magnetstäbe bringen. Die Stahlstäbe liegen in derselben geraden Linie, die einander gegenüberstehenden ungleichnamigen Pole sind einer vom anderen 5 bis 6 Millimeter weiter entfernt, als die Länge der zwischen ihnen oscillirenden kleinen Stäbchen. Diese stellen sich, von welchem Stoffe sie auch verfertigt sein mögen, immer in die Richtung der beiden Stäbe. Bringt man sie aus dieser Richtung heraus, so kehren sie in dieselbe immer nach einer gewissen Anzahl von Schwingungen zurück. Oft ist die Anzahl dieser Oscillationen 30 in einer Minute. Da bei Anwendung starker Magnete jeder Körper die beschriebene Afficirung erleidet, so hat man daraus geschlossen, daß jeder Körper, wenn auch in noch so geringer Quantität (daß sie auf chemischem Wege nicht mehr nachgewiesen werden kann) Eisen enthalte. Jeder der künstlichen Magnete, deren sich Coulomb bediente, war aus 4 bis zur Weiße gehärteten Stahlstäben gebildet, welche 360 Millim. lang und 4 Millim. dick waren. Zuerst ließ er jede Nadel außerhalb des Einflusses der Magnete oscilliren und bestimmte aus der Anzahl von Oscillationen in einer bestimmten Zeit die Drehungskraft des Fadens, darauf ließ er sie zwischen den Polen der Magnete oscilliren und berechnete die Gesammtkraft der Drehung des Fadens und des Magnetismus, welche jetzt die

Anzahl der Oscillationen in der gegebenen Zeit bestimmte, und hieraus endlich die magnetische Wirksamkeit allein (in der oben angegebenen Weise). Um die Nadeln vor dem Luftzuge zu sichern, bediente sich Coulomb einer Glasglocke A A (Fig. 282.), über deren oberer Oeffnung eine Röhre A′ B sich befand. Das obere Ende dieser Röhre war durch einen Korkstöpsel verschlossen, welcher nach Willkühr herauf und hinunter gebracht werden konnte. Durch diesen Stöpsel ging quer eine Spindel von Holz oder Metall, an welcher der Coconfaden befestigt war, dessen unteres Ende einen Ring von sehr feinem Papier trug, in welchen er die kleine Nadel legte. Die Glocke war über den Polen n und s zweier nach derselben Linie gerichteten Magnete angebracht. Die Nadeln der Metalle, welche in die Beobachtung gezogen wurden, waren 7 Millimeter lang und wogen 40 Milligramme. Außerhalb des Einflusses der Magnete machten sie 40 Oscillationen in 44 Secunden, aber zwischen den Polen der Magnete wurden 4 Oscillationen von Golde in 22 Secunden, von Silber in 20, von Blei in 18, von Kupfer in 22, von Zinn in 19 Secunden gemacht. Hieraus berechnet Coulomb das Verhältniß des Momentes der magnetischen Kraft für jedes dieser Metalle und fand auf diese Weise für Gold 3,00, für Silber 3,80, für Blei 4,97, für Kupfer 3,00, für Zinn 4,24. Hierauf suchte Coulomb zu bestimmen, welches die Quantität Eisen sei, welche mit einem andern Metalle verbunden sein kann, wenn die Geschwindigkeit der Oscillationen, welche Ein Magnetstahl an einem aus diesem Körper genommenen Streifen hervorbringt, ein Zeichen ist, daß er Eisen jedoch in so geringer Quantität enthält, daß es schwer ist, sie durch die gewöhnlichen Mittel zu schätzen. Er stellte daher Versuche mit einem Gußstücke von Silber an, welches durch Schmelzung von einem Gußstücke von Eisen getrennt worden war. Die Magnetstange wirkte merklich auf dieses Silber, in welchem auf chemischen Wege keine Spur von Eisen nachgewiesen werden konnte. Coulomb glaubte dennoch, daß sich Eisen müsse finden lassen und wendete folgendes Mittel an, um das Verhältniß des Eisens zum Silber zu entdecken. Er bildete 3 Cylinder von Wachs, von denen jeder 212 Milligramme wog und 23 Millimeter lang war. In den ersten brachte er den 4. Theil des Gewichtes des Wachses Eisenfeilspäne, in den zweiten ein Achtel und in den dritten ein Sechszehntel. Indem die Pole der beiden Magneten 100 Millimeter von einander abstanden, beobachtete er, daß 40 Oscillationen von dem ersten Cylinder in 32, von dem zweiten in 43, von dem dritten in 61 Secunden gemacht wurden. Indem Coulomb hieraus das Verhältniß der Kräfte berechnete, welche die Oscillationen jeder Nadel bedingten, kam er zu dem Schlusse, daß die Wirkung der Pole proportional der Quantität Eisenfeile sei, welche die gleich langen Cylinder enthielten. Aus dieser und ähnlichen Untersuchungen folgerte Coulomb, daß jedes Bestandtheilchen des Silbers, mit einem unendlich kleinen Theilchen Eisen verbunden sei, dessen Verhältniß gegen das Silber mit Hilfe der Oscillationen bestimmt werden könne, obschon dieser Eisengehalt auf chemischen Wege sich nicht nachweisen lasse. Interessante hierher gehörige Beobachtungen sind von

Biot angestellt worden. Er sagt, unter allen bekannten Mitteln das Dasein von Eisen in Kunsterzeugnissen oder Mineralien zu entdecken, sei die Methode der Oscillationen das empfindlichste und einfachste. Man braucht nur Nadeln aus den zu prüfenden Substanzen zu bilden, sie zwischen zwei starken Magneten oscilliren zu lassen und ihre Oscillationen mit denen einer Nadel zu vergleichen, welche aus einem bekannten Gemisch von Eisen und einer andern nicht magnetischen Substanz verfertigt ist. Als Beispiele des Erfolgs derartiger Untersuchungen führt Biot folgendes an: „Ich kam darauf zwei Arten Glimmer mit einander zu vergleichen, deren einer aus Sibirien kam, der andere zu Zinnwald in Böhmen mit Zinnkrystallen untermischt gefunden wird. Obwohl die Blättchen dieser beiden Glimmerarten ganz durchsichtig waren, so gaben doch chemische Prüfungsmittel die Gegenwart von Eisenoxyd darin zu erkennen, aber in sehr verschiedenen Verhältnissen, in weit stärkerm nämlich im Glimmer von Zinnewald, in dem sich in einer genauen Analyse von Vauquelin bis 20 Hunderttheile seines Gewichtes davon fanden. Während man nun zur Analyse der andern Glimmerart schritt, kam ich auf den Gedanken, beide durch den Magnetismus zu prüfen. Ich schnitt also mehre kleine rechtwinklige Blätter von gleichen Dimensionen daraus zu, die ich mit einander parallel in zwei Bündel vereinigte, ließ darauf diese Bündel successive zwischen zwei starken Magneten oscilliren, indem ich sie an einer Vereinigung von rohen Seidenfäden, deren Drehung unmerklich war, aufhing, und fand so, daß der Glimmer von Zinnwald 12 Oscillationen in 55 Secunden vollbrachte, während das Bündel aus dem andern Glimmer nur 7 in der nämlichen Zeit machte. Die magnetischen Kräfte verhielten sich also unter einander, wie die Quadrate dieser Zahlen d. i. wie 144 zu 49. Betrachtet man nun diese Kräfte als den Mengen von Eisenoxyd proportional, die sich im Glimmer in chemisch gebundenem Zustande befanden, welches blos voraussetzt, daß sie in beiden Glimmerarten mit der nämlichen Kraft gebunden waren, so erhellt, daß, wenn der Glimmer von Zinnwald 20 Hunderttheile dieses Oxyds enthält, die andere Glimmerart $\frac{20.49}{144}$ d. i. 6, 8 davon enthalten muß. Und wirklich ergab sich durch die chemische Analyse, deren Resultat ich erst nach Anstellung dieses Versuchs erfuhr, ganz das nämliche Verhältniß.“ In Bezug auf diese Versuche ist nur Folgendes zu bemerken. Entweder die sonst noch für magnetisch gehaltenen Metalle (Kobalt, Nickel) haben ihre magnetischen Eigenschaften, wie die andern Körper, auch nur der Gegenwart von Eisen zu verdanken, oder die angegebene Prüfungsart kann eben so wohl Gegenwart von Kobalt oder Nickel anzeigen, wie von Eisen.

Später haben namentlich Seebeck und Becquerel die Coulombschen und Biotschen Versuche erweitert. Nach den erstern werden Metalle, welche vermöge eines Eisengehaltes magnetisch zu werden vermögen, ja selbst Legirungen solcher Metalle mit verschiedenen Verhältnissen von Eisen oder auch Nickel durch den Einfluß eines oder zweier Magnetstäbe nicht sowohl longitudinal (d. h. in

der Richtung der Längenaxe) als vielmehr transversal magnetisirt. Während Stäbe von Eisen auf solche Weise den gewöhnlichen longitudinalen Magnetismus erhalten, werden Cylinder (Patronen) von Eisenfeile transversal magnetisirt.*) Noch genauere Versuche als von Seebeck sind von Becquerel angestellt worden. Derselbe brachte z. B. eine Nadel von weichem Holz, welche 4 Centimeter lang und 2 Millimeter im Durchmesser hatte, über den Zwischenraum der entgegengesetzten Pole zweier Magnetstäbe, welcher 3 oder 4 Millimeter betrug. Befand sich der Aufhängungspunkt so nahe als möglich an den Stäben, so stellte sich die Nadel senkrecht auf die Linie der Pole (welches transversale Magnetisirung anzeigt) anstatt sich in die Richtung derselben zu stellen, wie Coulomb beobachtet hat, wenn sich die Enden der Stangen in einer gewissen Entfernung von einander befanden. Entfernt man aber nach und nach die Enden, so stellt sich die Nadel allmählig in die Richtung der Pole. So war bei einer Entfernung der Enden der Stange von 10 Millimetern die Abweichung der Nadel von der auf die Linie der Pole senkrechten Richtung 18°, bei 20 Millimeter Entfernung 36°, bei 30 Millimeter Entfernung 56°. Sind die beiden Stangen sehr nahe an einander gerückt und steht die Nadel perpendi=

*) Bei folgenden Substanzen beobachtete Seebeck Zeichen transversaler Magnetisirung, wenn sie zwischen starke Magnetstäbe gebracht wurden: 1) alles verkäufliche Messing, Kupfer, Platin und ihre Legirungen mit Eisen, die Wirkung mit dem Eisengehalt zunehmend; — 2) Platinschwamm, aus Platinsalmiak reducirt; — 3) ein Goldstreifen, welcher noch 1 p. C. Silber, Kupfer und Eisen enthielt; 4) reguliniſches käufliches Arsenik (Fliegenstein), welches gewöhnlich eisenhaltig ist; 5) Legirungen von Zinn und Eisen, Zink und Eisen in verschiedenen Verhältnissen; 6) Legirungen von Zinn und Nickel, Zink und Nickel, Antimon und Nickel; 7) Drähte von Kapellensilber (noch 1 p. C. Kupfer, Eisen, Blei und Zinn enthaltend); 8) eine gegossene Stange von Speiskobalt (außer Arsenik und Eisen auch noch Nickel enthaltend); — 9) Legirungen von 3 Kupfer und 1 Antimon, so wie von 1 Kupfer und 1 Antimon; — 10) Legirungen von 3 Kupfer und 1 Wismuth, und von 1 Kupfer und 3 Wismuth; — 11) Graphit, der feinste englische eben sowohl, als die übrigen im Handel vorkommenden gröbern Sorten; — 12) Pariserblau; — 13) Borsaures Eisenoxydul; — 14) Schwefelkies; — 15) Kobaltoxyd; — 16) Kohlensaures Nickeloxyd; — 17) Colcothar; — 18) Krystalle von Eisenvitriol; — 19) eine gesättigte Auflösung von Eisenvitriol in dest. Wasser (eingeschlossen in eine Röhre von weißem Glase); — 20) Bruchstücke von grünem Bouteillenglase; — 21) verkäuflicher Guatimala=Indigo (nach Entziehung des Eisens durch Salzs. stellte er sich nicht mehr zwischen Magnetstäben). — Indifferent wurden folgende Körper befunden: 1) Quecksilber, 2) Wismuth, 3) Antimon, 4) Schwefelantimon, 5) Blei, 6) Zinn, 7) Zink, 8) Cadmium, 9) Silber (aus Chlorsilber reducirt), 10) reines regul. Arsenik, 11) Krystalle von eisenblaus. Kali, 12) Platinsalmiak, 13) Reiskohle, 14) weißes Glas, 15) Legirungen von 4 Antimon und 1 Eisen, 16) Legirungen aus 2 Kupfer und 1 Nickel.

culär auf der Linie der Pole, so kann man sie aus dieser Stellung herausbringen und bewirken, daß sie in der Richtung derselben stehen bleibt, nachdem man sie einige Augenblicke in derselben gehalten hat, aber durch den geringsten Anstoß geht sie in jene ursprüngliche Richtung zurück, welche sie der andern vorzieht. Aus der ganzen Beobachtung ergibt sich, daß bei der größten Annäherung der Magnetstäbe transversale Magnetisirung stattfindet, die aber mit der Entfernung der Magnetstäbe allmählig in longitudinale übergeht. Bedient man sich aber nur eines Magnetstabes und stellt die Nadel von Holz genau einem seiner Enden gegenüber, so nahe als möglich der Grenzlinie desselben, so nimmt sie ebenfalls eine auf die Linie der Pole senkrechte Richtung an; wird aber der Aufhängungspunkt immer auf dieser Linie bleibend nach dem Innern dieser Stange vorgerückt, so weicht die Nadel von ihrer Richtung ab, ohne jedoch jemals ganz in die Richtung der Linie der Pole überzugehen. War der Aufhängungspunkt 5 Millimeter von dem Ende der Stange entfernt, so hatte die Nadel eine Abweichung von 12° und bei 10 Millimeter Entfernung eine Abweichung von 18°. Ueber 10 Millimeter hinaus vermehrte sich die Abweichung unmerklich und unregelmäßig, so daß es nicht möglich war sie zu schätzen. Als allgemeines Resultat seiner Beobachtung spricht Becquerel aus, daß die durch einen starken Magnetstab hervorgebrachten magnetischen Wirkungen an Stahl und Eisen wesentlich von denen sich unterscheiden, welche an sehr schwach magnetischen Körpern auftreten. Bei jenen geschieht, in welcher Richtung sie auch aufgestellt sein mögen, die Vertheilung des Magnetismus stets in der Längenrichtung mit Ausschluß jeder andern Richtung, während bei den schwach magnetischen Körpern die Magnetisirung in einem Sinne stattfindet, welcher von der Entfernung des Körpers von den Polen des Magnetes abhängt, so daß die Vertheilung des Magnetismus sich zugleich mit der Richtung verändert, welche der Magnet dem Körper, gemäß seiner Wirkung auf ihn, gibt.

Die magnetische Polarität aller Gegenstände auf der Oberfläche der Erde ist durch Hansteen bewiesen worden, indem er gefunden hat, daß die Magnetnadel nahe an der Erde auf der nördlichen Seite z. B. eines Baumes eines Pfahles eine größere Anzahl Schwingungen in einer bestimmten Zeit macht, als auf der südlichen Seite derselben; daß sie aber umgekehrt auf der südlichen Seite des oberen Endes des Pfahles oder des Baumes geschwinder schwingt, als auf der nördlichen, welches in diesen Gegenständen eine schwache Polarität anzeigt. Sie haben alle den Nordpol unten und den Südpol oben. Hiernach scheint jeder Theil des Erdbodens und jeder auf ihm befindliche Körper an der allgemeinen Vertheilung des Magnetismus Theil zu nehmen. Sorgfältige Versuche über den Einfluß verschiedenartiger Körper auf die Schwingungen einer Magnetnadel sind von Arago angestellt worden. Wenn man eine Magnetnadel horizontal über ein Metall oder Wasser aufhängt und aus ihrer natürlichen Stellung um eine gewisse Anzahl von Graden entfernt, so schwingt sie hierauf sich selbst überlassen in Bogen, die immer kleiner und kleiner werden, gleichsam als wenn sie sich in einem Widerstand leistenden Mittel befände. Bemerkens-

werth ist hierbei, daß durch die Verminderung in der Weite der Oscillationen die Anzahl derselben in einer gewissen Zeit nicht verändert wird. Die verschiedenartigen Körper äußern einen Einfluß auf die Weite der Schwingungen, aber nicht auf die Anzahl derselben in einer bestimmten Zeit, indem sie mehr oder weniger die Weite der Oscillationen zu verringern streben. Bald nach Arago's Entdeckung im Jahre 1824 wurden die Versuche von Seebeck wiederholt. Derselbe ließ eine Nadel von $2\frac{1}{8}$ Zoll Länge in drei Linien Entfernung über Platten verschiedener Art oscilliren und zählte die Anzahl von Schwingungen, welche jedesmal nöthig waren, damit die Weite der Schwingungen von 45° auf 10° herabgebracht wurde. Er erhielt folgende Resultate:

Substanzen.	Dicke der Platte.	Zahl der Schwingungen.
Marmor.	0,0 Lin.	116
Quecksilber	2,0 „	112
Wismuth	2,0 „	106
Platin	0,4 „	94
Antimon.	2,0 „	90
Blei.	0,75 „	89
Gold.	0,2 „	89
Zink.	0,5 „	71
Zinn.	1,0 „	68
Messing.	2,0 „	62
Kupfer	0,3 „	62
Silber	0,3 „	55
Eisen.	0,4 „	6

Seebeck fand, daß die Wirkung der Metallplatte mit ihrer Dicke zunimmt, jedoch nicht bis ins Unbestimmte, indem von einer gewissen Grenze an Vermehrung der Dicke nichts weiter zur Wirkung hinzufügt. Erwärmung der Metallscheibe schien von keiner merklichen Einwirkung zu sein, wenigstens war die Zahl der Schwingungen einer Magnetnadel über einer bis zum Anlaufen erhitzten Kupferplatte genau so groß, als über einer kalten. — Eine Vergrößerung der Platten über den Theil von ihnen, der bei den Schwingungen unterhalb der Nadel zu liegen kommt, trug nach Seebecks Versuchen nichts zur Verstärkung der Wirkung bei, wohl aber wurde die Wirkung geschwächt, wenn die Platten kleiner als jene Theile gemacht wurden. Seebeck hat auch gefunden, daß, wenn man ein horizontal aufgehangenes Magnetstäbchen als Pendel in der Ebene des magnetischen Aequators über Kupferplatten schwingen läßt, die Weite der Bogen schneller abnimmt, und es früher zur Ruhe kommt, als über Papier, Holz u. s. w.

Nachdem Arago gefunden hatte, daß, wenn man eine horizontal aufgehangene Magnetnadel über einer Kupferplatte schwingen läßt, ihre Schwingungen schnell an Weite abnehmen, und die Nadel daher viel eher zur Ruhe kommt, so schloß er daraus, daß, wie hier ruhendes Kupfer auf eine bewegte Magnetnadel Einfluß äußert, umgekehrt auch eine bewegte Kupferplatte auf eine ruhende Magnetnadel wirken müsse. Durch den Versuch zeigte sich denn auch in der That, daß, wenn eine Kupferplatte, über welcher eine Magnetnadel schwebt, in schnelle Drehung versetzt wurde, die Magnetnadel dadurch mehr oder weniger mit fortgezogen wurde, auch wenn durch geeignete Vorrichtungen jede Möglichkeit, daß eine etwaige durch die Drehung der Kupferplatte veranlaßte Luftströmung mitwirke, ausgeschlossen war.

Einen leicht herzustellenden Apparat zur Wiederholung der Arago'schen Versuche hat Schweigger beschrieben, wie folgt: A B C D Fig. 283. stellt eine gewöhnliche Glasglocke vor, wie sie bei Luftpumpen gebraucht werden, welche bei H J zweckmäßig aufgehängt ist, um beliebig gesenkt oder gehoben zu werden; fg ist ein feiner Seidenfaden, woran die Magnetnadel ns hängt, welche durch den verschieblichen Stift ef dem am Rande festgeklebten Papiere CD, womit der Boden der Glocke überspannt ist, mehr oder weniger genähert werden kann. — K M O L ist der Durchschnitt einer gewöhnlichen Schwungmaschine. Es wurde die einfachste Einrichtung gezeichnet, wo die Scheibe pq, welche auf der Spitze v ruht, durch den abgezogenen Faden F in Umschwung gesetzt wird. Auf pq können die in der Mitte durchbohrten bei i in einen Stift eingesteckten (oder eingeschraubten) Scheiben gelegt werden.

Der Apparat, dessen sich Arago bediente ist Fig. 284, 285 und 286. abgebildet. H (Fig. 284.) ist eine Uhr, welche ganz von Kupfer verfertigt ist, mit Ausnahme zweier oder dreier kleiner Zapfen, welche von Stahl sind. Sie steht auf einem Dreifuß von Holz, welcher mittelst dreier an den Enden seiner Füße angebrachter Stellschrauben in lothrechte Stellung gebracht werden kann. Diese Uhr dient, um einer verticalen Axe x Fig. 286. eine sehr schnelle Rotationsbewegung mitzutheilen. Diese Axe theilt die Drehung einem Stücke tt' mit, welches aus drei Armen besteht und das Fig. 285. im größern Maßstabe dargestellt ist. Auf diesen Theil des Apparates werden die Scheiben angebracht, welche bei den Versuchen angewandt werden. Diese Scheiben haben in der Mitte ein kleines Loch, welches die Verlängerung der Drehungsaxe aufnimmt und werden an ihrem Umfange auf den Armen tt't'' durch eine kleine bewegliche Schraube gehalten. Drei Flügel v, welche an die Arme tt't'' angebracht sind, können mehr oder weniger geneigt gestellt werden, je nachdem man einen größern oder geringern Grad der Geschwindigkeit beabsichtigt. Ueber die Uhr wird ein vierbeiniger Tisch TT' gestellt, dessen Platte pp' in der Mitte eine Oeffnung hat, die etwas größer als die Scheibe ist. Unterhalb dieser Platte leimt man ein Blatt Papier ll' Fig. 286. an und über seine obere Fläche stellt man eine Glocke C, in der eine Magnetnadel gg' an einem Seidenfaden f hängt. Die Nadel kann durch Drehung der

Spindel t gehoben und gesenkt werden. Das Bleigewicht P setzt die Uhr in Bewegung, ein Drücker dient es zu hemmen und ein Zähler gibt die Anzahl von Umdrehungen an, deren 8 bis 10 auf die Secunde kommen können. Es ist sogar eine Glocke angebracht, welche allemal nach 100 Umdrehungen anschlägt und so kann man leicht den Zeitpunkt erkennen, in welchem die Geschwindigkeit der Drehung ungefähr gleichförmig geworden ist. Die Erscheinungen, welche man beobachtet, sind nun folgende: alles ist in Ruhe und die Nadel befindet sich in der Richtung des magnetischen Meridianes. Man hebt die Hemmung der Uhr auf und die Scheibe setzt sich alsbald in Bewegung; ihre Rotationsgeschwindigkeit ist anfangs sehr gering, aber sie nimmt eine reißende Geschwindigkeit an, und bald weicht die Nadel so ab, als wenn sie der Scheibe in ihrer Umdrehung folgen wollte. Die Kraft, mit welcher die Nadel von der Scheibe fortgezogen wird, wird zum Theil durch die magnetische Kraft der Erde aufgehoben, indem diese die Nadel in die Richtung des Meridians zurückzubringen strebt. Durch das Verhältniß beider auf die Nadel wirkenden Kräfte wird die Stellung des Gleichgewichts derselben bestimmt. Die Zugkraft der Scheibe wächst mit ihrer Rotationsgeschwindigkeit, daher bleibt bei einer geringeren Geschwindigkeit die Nadel z. B. bei 10° Abweichung stehen, bei einer größern Geschwindigkeit bei 20°, und man kann auf diese Weise durch Modificirung der Rotationsgeschwindigkeit und dadurch, daß man sie gleichmäßig erhält, die Nadel in allen Winkeln gegen den Meridian bis zu 90° festhalten. So wie aber die Geschwindigkeit so groß ist, um die Nadel über die Abweichung um 90° hinwegzutreiben, gibt es für sie keinen Ruhepunkt mehr, die Nadel dreht sich mit der Scheibe, und strebt selbst dieselbe Rotationsgeschwindigkeit anzunehmen, welche die Scheibe hat. So ist die magnetische Kraft, welche die Körper bei der Drehung annehmen, in fortwährender Zunahme. Der Einfluß einer sich drehenden Scheibe auf die Magnetnadel nimmt bei gleichbleibender Geschwindigkeit mit der Entfernung der Nadel von der Scheibe ab. Wenn sich z. B. die Nadel, nur durch ein Blatt Papier von der Scheibe getrennt, mit dieser zugleich umdreht, und hierauf emporgehoben wird, so nimmt sie zunächst eine feste Sellung an, und je höher sie gehoben wird, desto kleiner wird der Ablenkungswinkel gegen den Meridian. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe fortwährend dieselbe bleibe. Wenn die Platten in der Richtung der Radien ausgeschnitten sind, so ist die Wirkung geringer als wenn sie voll sind. Arago unterwarf Scheiben von gleichem Durchmesser verschiedener Substanz der Beobachtung, um streng die Art der Wirsamkeit einer jeden von ihnen auf die Nadel kennen zu lernen. Er fand jedoch für dieselben Metalle, je nach ihren verschiedenen Beimischungen so verschiedene Resultate, daß er dieselben lieber nicht mittheilte. Arago stellte sich die Gesammtkraft, welche durch die rotirenden Scheiben entwickelt wurde, in drei verschiedene Kräfte zerlegt vor, deren Richtungen senkrecht gegen einander stehen. Jede dieser Kräfte wieß er besonders nach. Die erste abstoßende senkrecht von der horizontalen Scheibe ausgehende Kraft macht man sichtbar mittelst eines sehr langen

Magnetes, welcher an einem Faden in verticaler Richtung aufgehangen ist. Das obere Ende des Aufhängungsfadens ist an einen Wagebalken befestigt, an dessen entgegengesetztem Arme ein Gewicht angebracht ist, welches dem Magneten das Gleichgewicht hält. So wie die Scheibe sich zu drehen beginnt, wird der Magnet abgestoßen, welches sich dadurch äußert, daß der Wagebalken nach der Seite des Gegengewichts ausschlägt. — Die zweite Kraft wirkt in horizontaler Richtung und geht senkrecht von den Radien der Scheibe aus. Diese Kraft ist es offenbar, welche die Nadel zur Ablenkung aus der Ebene des Meridianes und endlich zur Drehung bestimmte. — Die dritte Kraft endlich wirkt in der Richtung der Radien der Scheibe. Man bestimmt sie mittelst einer Neigungsnadel, welche man vertical stellt, so daß ihre Umdrehungsaxe in eine Ebene fällt, welche senkrecht auf einem der Radien der Scheibe steht. Die Neigungsnadel kann in der Richtung des Radius dem Mittelpunkte der Scheibe genähert und von ihm entfernt werden. Befindet sich die Spitze der Nadel außerhalb der Scheibe, so wird sie vom Drehungsmittelpunkte abgestoßen, sowie man die Nadel dem Mittelpunkte nähert, vermindert sich die abstoßende Kraft; sie ist = 0 in einer bestimmten Entfernung vom Mittelpunkte, und geht bei noch weiterer Annäh rung der Nadel an diesen, in eine anziehende Kraft über. Im Mittelpunkte selbst findet wiederum weder Anziehung noch Abstoßung statt. Pohl hat diese Kraft auch mittelst einer horizontalen Magnetnadel nachgewiesen, indem er eine Scheibe vertical aufstellte und um ihren Mittelpunkt sich drehen ließ. Ueber die genaueren Verhältnisse, nach welchen die Ablenkung der Nadel mit der Geschwindigkeit der Scheibe zunimmt und mit der Entfernung von der Scheibe abnimmt, sind die Physiker zu sehr verschiedenen Resultaten gekommen. Nach Babbage und Herschel scheint das Gesetz, nach welchem sich die Kraft vermindert, wenn die Entfernung zunimmt, nicht sich gleich zu bleiben, sondern bald im Verhältnisse des Quadrats, bald in dem des Cubus der Entfernung zu stehen. Dagegen hat Christie gefunden, daß, wenn man eine dicke Scheibe unter einer sehr feinen Nadel rotiren läßt, die ablenkend gegen die Nadel wirkende Kraft direct mit der Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe zunimmt und in dem umgekehrten Verhältnisse der vierten Potenz des Abstandes steht.

Babbage und Herschel haben die Versuche Arago's in umgekehrter Weise wiederholt. Scheiben von Kupfer oder anderen nicht magnetischen Substanzen wurden frei an eine Vereinigung von mehren ungedrehten Fäden über einen Hufeisenmagnet aufgehängt und dieser in drehende Bewegung gesetzt. Dieser Magnet welcher 20 Pf. trug, war so aufgestellt, daß seine Pole nach oben standen und daß ihm eine reißende Drehungsgeschwindigkeit um seine Axe mitgetheilt werden konnte. Diese Axe geht durch die Mitte des Magnetes, da wo er umgebogen ist und ist seinen beiden Schenkeln parallel. Die kreisförmige Scheibe von Kupfer hatte 6 Zoll im Durchmesser und war 0,05 Zoll dick. So wie der Magnet in Rotation gesetzt wurde, begann die Kupferscheibe in der nämlichen Richtung sich zu drehen, anfangs zwar langsam, aber mit zunehmender Geschwindigkeit. Wurde dem Magneten eine Drehung im

entgegengesetzten Sinne mitgetheilt, so ging auch die Scheibe auf die Drehung in diesem Sinne ein. Zwischenlegung von Metallplatten, welche 10 Zoll im Durchmesser und ½ Zoll Dicke hatten, zwischen die Scheibe und dem Magnet, brachten keine merkliche Veränderung der Wirkungen hervor. Dazwischengelegtes Glas bleibt ohne Einfluß, während die magnetische Wirkung durch eine Platte von verzinntem Eisen sehr verringert und durch zwei Platten fast vernichtet wird. Eine Scheibe von Kupfer, welche 10 Zoll Durchmesser und ½ Zoll Dicke hatte, und mit einer Geschwindigkeit von 7 Umdrehungen in der Secunde sich bewegte, theilte einer andern frei an Seidenfäden aufgehängten ähnlichen Scheibe keine Bewegung mit. Auf 2 verschiedene Weisen haben Babbage und Herschel den Grad zu bestimmen gesucht, in welchem die magnetische Kraft in den verschiedenen Metallen und in anderen Körpern entwickelt wird. Wird die magnetische Kraft des Kupfers = 1 gesetzt, so ergibt sich nach der einen Methode folgende Reihe der untersuchten Körper, wobei die nebengesetzten Zahlen das Verhältniß ihrer magnetischen Kraft gegen die des Kupfers ausdrücken. Kupfer 1,00; Zink 0,90; Zinn 0,47; Blei 0,25; Antimon 0,11; Wismuth 0,01; Holz 0,00. Nach der andern Versuchsweise ergab sich folgende Reihe: Zink 1,11; Kupfer 1,00; Zinn 0,51; Blei 0,25; Antimon 0,01. Was die übrigen Metalle betrifft, so schien das Silber in der angegebenen Reihenfolge eine hohe, das Gold eine sehr tiefe Stelle einzunehmen. Um die magnetische Kraft des Quecksilbers zu bestimmen, wurde ein Ring von Holz zwischen 2 kreisförmige Glasscheiben gekittet, so, daß man einen hohlen Cylinder erhielt, von 2 Zoll innerem Durchmesser und 0,1 Zoll Höhe. Dieser hohle Cylinder wurde an einer Vereinigung von ungedrehten Seidenfäden über einem Hufeisenmagnete aufgehängt, dessen Drehungsbewegung ihm keine merkliche Bewegung mittheilte. Wurde jedoch dieser hohle Cylinder mit Quecksilber gefüllt, so gehorchte er alsbald, obschon schwach, der Rotation des Magneten nach der einen oder nach der andern Richtung. Hieraus haben Babbage und Herschel geschlossen, daß das Quecksilber in Bezug auf magnetische Kraft zwischen Antimon und Wismuth zu stellen sei. Dem Holze, dem Glase, dem Harze, dem Schwefel und der Schwefelsäure gelang es nicht, eine merkliche Rotationsbewegung mitzutheilen.

Babbage und Herschel untersuchten ferner den Einfluß einer Unterbrechung des stetigen Zusammenhanges einer Scheibe auf ihren Magnetismus. Zu dem Ende wurden Einschnitte und Ausschnitte an der Scheibe angebracht. Man zog verschiedene Stoffe in die Beobachtung. Wie schon Arago gefunden, beobachteten auch sie als Folge der Unterbrechung Schwächung der magnetischen Kraft. So z. B. wurde sie durch Einschnitte in der Richtung der Radien so geschwächt, daß sie nur noch $\frac{1}{5}$ der frühern betrug. Zugleich erkannten sie auch die merkwürdige Thatsache, daß wenn man die getrennten Stücke von neuem durch ein anderes Metall vereinigt, der Apparat seine Stärke entweder ganz oder zum Theil wiedererhält, und zwar selbst in dem Falle, wo das als Loth angewandte Metall nur eine sehr geringe Fähigkeit magnetisirt zu werden besaß.

Haldat hat die Grenze zu bestimmen gesucht, bei welcher eine Nadel aufhört, von einer rotirenden Scheibe fortgezogen zu werden. Er fand, daß jede Nadel, so lange sie, wenn auch in noch so schwachem Grade magnetisch war, immer der Wirkung der Scheibe gehorchte; aber daß sogleich aller Einfluß aufhörte, wenn die Polarität verschwand. Hierauf stellte er Versuche an, Nadeln von Eisen oder Stahl durch rotirende Scheiben zu magnetisiren, welches ihm jedoch auch bei der größten Rotationsgeschwindigkeit nicht gelang. Da er diese Wirkung dem Mangel an Coërcitivkraft zuschrieb, so zog er Eisen und Stahl in den Versuch, und kam zu einem unerwarteten Resultate. Eine Scheibe von weichem Eisen wirkte kräftiger als eine Scheibe von Kupfer; verglichen mit einer Scheibe von Messing zog sie bei gleicher Geschwindigkeit die Nadel bis zu einem doppelt so großen Abstande fort. Stark durch Schlagen gehärtetes Metall verhielt sich wie weiches Eisen, und konnte einer Stahlnadel keine Polarität mittheilen. Aber eine Scheibe von ungehärtetem Stahl, welche nach Haldats Ansichten, vermöge seiner Coërcitivkraft eine starke Wirkung äußern mußte, blieb ohne merkliche Wirkung auf die Nadel, die nach einigen unregelmäßigen Oscillationen in der Stellung ihres gewöhnlichen Gleichgewichts stehen blieb. Haldat schloß hieraus, daß die fortziehende Kraft im umgekehrten Verhältnisse mit der Coërcitivkraft stehe. — Haldat hat auch die Wirkung der Wärme, welche von Einfluß auf die Coërcitivkraft des Stahles ist, auf den Rotationsmagnetismus beobachtet. Er fand keinen Unterschied in der Wirkung zwischen bis zum Glühen erhitzten Scheiben und Scheiben von gewöhnlicher Temperatur.

Barlow stellte fast gleichzeitig mit Arago Beobachtungen über den Rotationsmagnetismus an. Er untersuchte die Art der Anziehung, welche eine um eine Axe laufende Kugel auf eine Magnetnadel ausübte. Eine zwölfzöll'ge Bombe wurde auf der Docke einer Drehbank durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt. Man bemerkte, daß es gewisse Stellungen der Nadel gab, wo der Einfluß Null war; daß für einige die Abweichung nach der einen Seite, für andere nach der entgegengesetzten Seite stattfand; die Größe dieser Abweichung schwankte also in den Grenzen von 0° bis 180°, entsprechend der Stellung der Nadel, während ihre Entfernung vom Apparate und die Schnelligkeit dieses letzteren dieselben blieben. In allen Fällen zog ein Wechsel in der Richtung der Rotation der Bombe auch einen in der Richtung der Abweichung der Nadel nach sich. Während dieser Rotation behielt die Nadel, ihre abweichende Richtung fest, ohne Oscillation oder Zittern; aber im Augenblicke, wo die Bewegung nachließ, kam sie in ihre ursprüngliche Lage zurück. Die hervorgebrachte Wirkung war folglich ganz temporär und hing völlig von der Schnelligkeit der Rotation ab. — Barlow bediente sich später eines andern Apparates. Derselbe bestand aus einem Gestelle oder Rahmen, dem ähnlich, welcher den Cylinder einer Elektrisirmaschine trägt; an der Stelle dieses Cylinders befand sich eine Bombe; ihr Durchmesser betrug 8 Zoll und ihr Gewicht ungefähr 30 Pfund. Die Füße des starken Tisches, welcher den Apparat trug, gingen durch den Fußboden und ruhten auf dem Grunde. Diese Stel=

lung hatte zum Zweck jede mögliche Erschütterung des Fußbodens oder der Mauer zu vermeiden. Die Vorrichtung zur Bewegung bestand aus 2 Rädern, das eine von achtzehn Zoll im Durchmesser, das andere von drei Zoll. Man konnte leicht zwei Umdrehungen in der Secunde mit der Kurbel machen, und so der Bombe eine Geschwindigkeit von 720 Umdrehungen in der Minute mittheilen. — Ein angemessenes Stativ war neben dem Apparate angebracht, welches man der Bombe so nahe rücken konnte als man wollte. Eine Nadel konnte ihr auf diese Weise in allen Richtungen genähert werden. Die in dem Tische angebrachten Löcher erlaubten den Rahmen oder das Gestell in allen Azimuthen zu befestigen. Die Bombe ließ sich auf beiden Seiten um eine horizontale Axe drehen. Das Stativ konnte zu jeder Höhe gestellt, und die Nadel hierdurch über oder unter die Bombe gebracht werden. — Nachdem der Apparat so eingerichtet war, erhob man das Stativ zu der Höhe der Bombenaxe und brachte die Nadel nach und nach in die verschiedenen Stellungen im Umkreise derselben. Man sah dann, welches auch der Azimuth der Nadel war, (wenn nur durch einen nebengestellten Magnet der terrestrische Einfluß ausgeglichen und beseitigt war) daß ihr Nordpol sich der Bombe näherte, wenn sich der obere Theil derselben nach der Nadel herabbewegte, und daß bei der entgegengesetzten Bewegung dieses der Südpol that. — Wenn man die Nadel in einem verticalen Kreise um die Bombe führte, indem man bei jedem Versuche um 10° stieg, und der terrestrische Einfluß so wie oben neutralisirt war, so erhielt man folgende Resultate. Bei einer Höhe von ungefähr 54° über dem Horizonte der Bombe, richtete sich die Nadel senkrecht auf die Axe, ihr Nordpol nahm eine der Drehung der Bombe entgegengesetzte Richtung. Von 54° bis 90° oder bis zum Zenith, richtete sich die Nadel noch immer senkrecht auf die Axe, aber in einer der ersten entgegengesetzten Richtung, denn der Nordpol nahm die Richtung der Drehung der Bombe. Diese Richtung blieb auch auf der andern Seite der Verticale bis zu dem 54sten Grade, wo die Nadel ihre vorige Stellung wieder einnahm. Unter dem Horizonte behielt die Nadel dieselbe Richtung bis sie 54° erreicht hatte; von hier aus wurde dieselbe so verändert wie es oben geschehen war. — Es waren also 4 Punkte wo die Nadel ihre Richtung änderte, während die Bewegung der Bombe dieselbe blieb; nämlich der 54ste Grad über und unter dem Horizonte auf beiden Seiten der Verticale. Wenn die Bombe sich im entgegengesetzten Sinne herumdrehte, änderte auch die Nadel ihre Richtung, aber die Punkte, wo der Wechsel eintrat, blieben dieselben; die Einwirkung war ferner von der Richtung der Rotationsaxe unabhängig, sie mochte von Ost nach West gehen, von Süd nach Nord u. s. w. Um vollkommene Wirkung zu erhalten, muß man dem Apparate eine Geschwindigkeit von wenigstens 600 Umläufen in einer Minute geben. Man kann folglich aus allen diesen Thatsachen schließen, daß die bloße Umdrehung einer Bombe magnetische Kraft gibt, daß diese aber im Augenblicke verschwindet, wo die Bombe zu schwingen aufhört. Auch die Arago'schen Versuche mit Scheiben hat Barlow wiederholt und bestätigt gefunden. Derselbe hat endlich auch die Wirkung einer hoh-

len Kugel mit der einer massiven verglichen, welche beide denselben Durchmesser hatten, um den Einfluß der Masse kennen zu lernen. Er bediente sich zweier Kugeln von 7,87 Zoll Durchmesser, von denen die massive 68 Pfund, die hohle nur halb so viel wog. Die Kugeln wurden an ein Gestell befestigt und jede derselben machte 640 Umdrehungen in einer Minute. Die massive Kugel brachte so eine mittlere Ablenkung der Nadel von 28° 24 hervor, während die hohle Kugel nur 15° 5′ Abweichung bewirkte.

Magnetismus. Die Erscheinungen des Magnetismus sind, so wie die Gesetze welche in ihnen auftreten im Art. Magnet angegeben. Eben so ist über das Wesen des Magnetismus dort und an anderen Orten die Rede gewesen. Vorzüglich ist auf den Art. Elektromagnetismus zu verweisen, wo über den innigen Zusammenhang des Magnetismus und der Elektricität aufmerksam gemacht und derselbe durch sehr viele Versuche dargethan worden. Weiter spricht noch hiervon der Art. Magnetoelektricität. Die vielen zum Theil ganz äußerlichen und nichtssagenden Hypothesen, welche über das Wesen des Magnetismus aufgestellt worden, auch nur anzuführen, wäre gegen den Zweck dieses Werkes. Aehnlichkeit zwischen Magnetismus und Elektricität erscheint bei dem ersten Anblick. Schon der Gegensatz zweier Magnetismen und ihr polarisches Verhalten gegen einander entspricht den entgegengesetzten Elektricitäten. Man hat daher wohl auch ähnlich wie bei der Elektricität, von einem positiven (+) und einem negativen (—) Magnetismus gesprochen, und zwar den Nordpol als positiv den Südpol als negativ polarisch bezeichnet, woraus dann nach unserer Bezeichnungsart der Pole eines freischwebenden Magnetstabes (einer Nadel) die Erde gegen Norden negativ, gegen Süden positiv magnetisch wäre. Zusammenhang zwischen Magnetismus und Elektricität ergibt sich aus dem Umstande, daß Elektricität Magnetismus, Magnetismus Elektricität erzeugen kann, so wie aus der Wechselwirkung der Magnetnadeln und elektrischen Ströme gegen einander. Identität von Magnetismus und Elektricität scheint sich endlich aus dem von Ampère erwiesenen Satze zu ergeben, daß sich jede Magnetnadel als eine elektrodynamische Schraube betrachten läßt, und daß umgekehrt jede elektrodynamische Schraube als ein Magnet sich ansehen läßt. (S. d. Art. Elektromagnetismus S. 202.) — In Bezug auf die Wirkungen des Magnetismus kann, nachdem vom Einflusse der magnetischen Körper auf einander und vom Verhältniß des Lichtes und der Wärme gegen Magnetismus im Art. Magnet, so wie vom Verhältniß der Elektricität gegen Magnetismus in besonderen Art. gehandelt worden, nur noch von den chemischen Wirkungen desselben die Rede sein. Ueber diese äußert sich Berzelius, die beste Autorität in dieser Beziehung, wie folgt. Man hat mehre Versuche gemacht, um zu zeigen, daß die magnetische Polarität chemische Wirkungen hervorbringe. Alle diejenigen, welche dabei eine Zersetzung des Wassers zu beobachten glaubten, haben sich getäuscht. Hansteen und Maschmann haben Silberauflösungen durch Quecksilber in heberförmigen Röhren reducirt und haben

dabei immer gefunden, daß, wenn die Schenkel der Röhre in dem magnetischen Meridian standen, das Silber im nördlichen Schenkel immer in größerer Menge und in vollkommner gebildeten Krystallen anschoß als im südlichen, wo es zugleich mit Quecksilbersalz vermischt war. Stellte man die Schenkel der Röhre nach O und W, so ging die Reduction weit langsamer, und das reducirte Metall stand in beiden Schenkeln gleich hoch. Die nämlichen Wirkungen ließen sich durch künstliche Magnete hervorbringen, wobei sich das Silber stets in weit größerer Menge über dem Südpol des Magnetes ausschied. Murray hat ähnliche Versuche angestellt, indem er Eisendrähte in schwache Silberauflösungen eintauchte. So lange der Eisendraht nicht polarisch war, wurde kein Silber reducirt, sobald man aber einen Magnet in die Nachbarschaft legte, fand die Reduction sogleich statt. Vorher magnetisirter Stahl, sogar wenn er mit Firniß überzogen war, bewirkte die Reduction sogleich. Murray fand sie aber am Nordpol des Magneten am stärksten, was gegen Hansteen's und Maschmann's Erfahrung ist. — Wenn man nach Lüdecke über die beiden Pole eines hufeisenförmigen Magnets ein gläsernes Gefäß stellt, welches eine Auflösung von einem Salze z. B. essigsaurem Blei, Chlorammonium oder schwefelsaurem Eisenoxydul enthält, die so concentrirt ist, daß sie nach einigen Stunden zu krystallisiren anfängt, so findet man, nachdem das Salz krystallisirt ist, daß die Krystalle einen reinen runden Fleck zwischen den beiden Polen, wo die magnetische Kraft am stärksten wirkt, leer lassen, übrigens aber die ganze Fläche des Bodens gleichförmig bedecken. Inzwischen sind alle diese Angaben keineswegs als so hinreichend constatirt zu betrachten, daß sie keinen Zweifel mehr gestatteten. — Vergl. den Art. Magnetoelektricität.

Weitläuftiger wäre noch von dem Magnetismus der Erde zu handeln; da jedoch über diesen noch einmal ausführlich in dem Art. Neigung der Magnetnadel die Rede sein muß, so wird es verständlicher sein, in diesem Art. die ganze Lehre vom Erdmagnetismus, soweit sie nicht im Art. Magnet u. Abweichung erörtert, übersichtlich zusammenzufassen.

Magnetoelektricität. Unter diesem Namen faßt man alle diejenigen Erscheinungen zusammen, welche Erregung von Elektricität durch Magnetismus bezeugen. Schon im Art. Elektromagnetismus ist bemerkt worden, daß es seit lange eine der wichtigsten und interessantesten Aufgaben der Physik gewesen sei, die Verwandtschaft der Elektricität und des Magnetismus nachzuweisen. Durch die wunderbaren elektromagnetischen Erscheinungen, welche in Versuchen hervorzubringen zuerst Oersted gelang, war die eine Hälfte dieser Aufgabe gelöst, als deren andere Hälfte die von Faraday erst im J. 1831 gemachten magnetoelektrischen Entdeckungen anzusehen sind. So sehr aber war namentlich durch Ampère's geistvolle Auffassung und Anordnung der elektromagnetischen Erscheinungen die Entdeckung der Magnetoelektricität nahegelegt worden, daß, noch ehe Faraday's Abhandlung, welche die von ihm gemachten Versuche und Beobachtungen mittheilte, in Druck erschien, nachdem nur erst eine oberflächliche Angabe der Re-

sultate durch eine briefliche Mittheilung Faraday's an Hachette bekannt geworden war, mehre Physiker, namentlich Nobili und Antinori selbstständig Versuche anstellten und durch sie die wichtigen Entdeckungen bestätigten. In kurzer Zeit sind eine Menge von Apparaten angegeben worden, welche zur Darstellung der magnetoelektrischen Erscheinungen dienen. Faraday's Entdeckung umfaßt zwei verschiedene Punkte: 1) daß die in Bewegung befindliche Elektricität (der elektrische Strom) in einem leitenden Körper, der in ihre Nähe gebracht oder von ihr entfernt wird, im Augenblicke der Annäherung und der Entfernung, eben so einen elektrischen Strom gleichsam durch Vertheilung hervorruft, wie durch elektrische Spannung in einem nahen Leiter ein Zustand hervorgerufen wird, den man als Folge elektrischer Vertheilung bezeichnet, und 2) daß ein Magnet auf einen elektrischen Leiter dieselbe Wirkung wie die in Bewegung befindliche Elektricität hervorbringt. — Diese beiden Sätze werden durch die Ampèresche Entdeckung: daß ein Magnet als eine elektrodynamische Schraube zu betrachten sei (s. d. Art. Elektromagnetismus), welchem sie zugleich als Bestätigung dienen, in die engste Beziehung gesetzt; aber nur die den zweiten jener Sätze darthuenden Erscheinungen sind magnetoelektrische. Der erste Satz enthält eine Erweiterung der Lehre von der Elektricität in Bewegung; da jedoch (mit Vergleichung des im Art. Elektromagnetismus Vorgetragenen) die magnetoelektrischen Erscheinungen durch die zu jenem ersten Satz gehörigen ihre Erklärung erhalten, so scheint mir hier ein geeigneter Ort auch von diesen zu sprechen.

Wie ein elektrischer Strom, d. h. ein Draht, durch welchen Elektricität strömt, auf einen anderen elektrischen Strom wirke, davon ist weitläuftig im Art. Elektromagnetismus geredet worden; daß er aber auf einen nicht elektrischen Draht elektrisirend wirke, d. h. in ihm einen elektrischen Strom erzeuge, ist erst von Faraday entdeckt worden. Die Versuche haben gezeigt: daß, wenn einem von der Elektricität durchströmten Leitungsdrahte (Hauptstrom) ein zweiter nicht von Elektricität durchströmter Leitungsdraht genähert wird, im Augenblicke der Annäherung auch in diesem ein elektrischer Strom (secundärer Strom) entsteht, welcher in Bezug auf seine Richtung dem erregenden Strome entgegengesetzt, in Beziehung auf seine Dauer ein augenblicklicher ist. Wird nachher der genäherte von dem erregenden oder Hauptstrome wieder entfernt, so entsteht abermals in ihm ein secundärer Strom gleichfalls von augenblicklicher Dauer aber von derselben Richtung wie der Hauptstrom. Faraday nennt diese Erregung eines secundären Stromes durch einen Hauptstrom: Vertheilung durch Voltasche Ströme. Die Gegenwart des secundären Stromes kann entweder durch die Wirkung, welche er auf eine Magnetnadel mittelst des Multiplicators oder die er auf ein Forschschenkelpräparat äußert, oder durch den magnetisirenden Einfluß des elektrischen Stromes (s. d. Art. Galvanismus und Elektromagnetismus) sichtbar gemacht werden. Nach Nobili bedient man sich zweier qua-

dratischer Multiplicatoren. Dieß sind quadratische Rahmen, über deren jeden ein mit Seide umsponnener Metalldraht etwa hundert Mal gewunden wird. Die Drahtenden des einen Quadrats A werden mit einem empfindlichen, mit einer Magnetnadel versehenen Multiplicator verbunden, die Drahtenden des zweiten Quadrats B verbindet man um einen elektrischen Strom darin einzuleiten, mit einem Elektromotor. Man nähere dann dieses Quadrat B dem mit dem Multiplicator verbundenen A: sogleich wird die Magnetnadel abgelenkt; mithin ist nun auch in dem Quadrate A ein elektrischer Strom vorhanden. Die Nadel kehrt aber schnell zurück in ihre vorige Lage; der Strom war mithin nur von augenblicklicher Dauer. Wird das Quadrat B wieder entfernt, so erfolgt eine neue gleichfalls augenblickliche Ablenkung der Nadel, aber nach der entgegengesetzten Seite. Es ist mithin neuerdings ein secundärer Strom in dem Quadrate A erregt worden, gleichfalls von augenblicklicher Dauer, und in einer Richtung, die der Richtung des früheren entgegengesetzt ist. — Daß, in Beziehung auf die Richtung des Hauptstromes, der erste secundäre Strom ein diesem Hauptstrome entgegengesetzter, der zweite ein mit ihm gleichlaufender sei; läßt sich ersehen, wenn man die Ablenkung der Nadel auch durch den Hauptstrom selbst bewirken läßt. Faraday, Ampère, Baumgartner haben sich anderer Apparate bedient. Der des ersten ist folgender. Zwei Kupferdrähte, deren jeder 203 Fuß Länge hatte, wurden um eine hölzerne Walze schraubenförmig gewickelt, so daß die Windungen des einen zwischen jene des anderen fielen, aber die directe Berührung der Drähte durch zwischengelegte Zwirnfäden gehindert. Einer dieser Drähte wurde mit den Polen einer thätigen Volta'schen Batterie von 100 Paaren 4zölliger Platten, an denen die Kupferplatten doppelt so groß waren als die Zinkplatten, der andere aber mit einem Multiplicator verbunden. Im Augenblicke der Verbindung des Drahtes mit dem Elektromotor wird eine plötzliche Ablenkung der Magnetnadel bemerkbar, und so das Dasein eines elektrischen Stromes in dem mit dem Multiplicator verbundenen Drahte erwiesen. Eine ähnliche, aber der vorigen entgegengesetzte Wirkung auf die Magnetnadel tritt ein, wenn man die Verbindung mit der Batterie aufhebt. Noch auffallender tritt diese Wirkung hervor, wenn man statt des Multiplicators einen schraubenförmig gewundenen Draht nimmt und in die dadurch formirte Spirale eine dünne Stahlnadel legt. Diese Nadel findet man gleich, nachdem der eine von den oben erwähnten Drähten mit dem Elektromotor in Verbindung gesetzt worden ist, magnetisch, und die Lage der Pole dieses Magnetes läßt auf die Richtung des Stromes schließen, der den Magnetismus erzeugte. Legt man die Stahlnadel erst in die Drahtspirale, nachdem die Verbindung mit dem Elektromotor schon hergestellt ist, und hebt sie dann wieder auf, so findet man die genannte Nadel wie vorhin magnetisch, aber ihre Pole haben gegen die der vorherigen eine verkehrte Lage, zum Beweise, daß auch der elektrische Strom, welcher beim Aufhören des Hauptstromes eintritt, dem beim Beginnen desselben hervorgebrachten entgegengesetzt sei. — Faraday hat zum Magnetisiren einer Stahlnadel durch einen secundären elektri-

schen Strom noch einen anderen Apparat gebraucht, der aus Kupferdrähten bestand, die schraubenförmig über einander um einen Holzcylinder gewickelt waren und deren einer vom anderen durch einen Zitzüberzug getrennt wurde. Bei einem Versuche wurden 12 solcher Drähte, deren jeder nahe 27 F. lang war, über einander gewickelt, und die Enden des 1., 3., 5., 7., 9., 11. mit einander, die des 2., 4., 6., 8., 10., 12. ebenfalls mit einander verbunden, so daß man zwei Drahtsysteme erhielt, wovon das eine System mit einem Elektromotor, das andere mit der Spirale verbunden werden konnte, worin sich die zu magnetisirende Stahlnadel befand. Dieser Apparat bewirkte aber mittelst des secundären Stromes keine Ablenkung an einem Multiplikator, wiewohl eine Stahlnadel durch ihn deutlich genug magnetisch wurde, zum Beweise, daß sich der secundäre Strom leichter durch seine magnetisirende Wirkung als durch die Ablenkung einer Magnetnadel erkennen lasse. Faraday selbst gesteht, daß beim ersten Apparate die Wirkung des secundären elektrischen Stromes auf den Multiplicator sehr gering ausfiel. Viel größer trat die Wirkung mit einer Vorrichtung hervor, die aus zwei Drähten bestand, deren jeder zickzackförmig wie ein W auf einem Brete befestigt war, und wovon einer mit dem Elektromotor, der andere hingegen mit dem Multiplicator in Verbindung gesetzt wurde. Wurden die Breter einander rasch genähert oder von einander entfernt, so wich die Nadel des Multiplicators sehr merklich ab. Noch stärker wirkt der von Ampère gebrauchte Apparat. Dieser besteht aus einem mit Seide überzogenen $\frac{1}{2}$ Mill. dicken Kupferdrahte, der um eine hohle, wie eine Rolle mit einem Schnurlauf versehene hölzerne Walze gewunden war, und dessen beide Enden mit einem Multiplicator communicirten; ferner aus einem anderen 1 Mill. dicken, ebenfalls durch einen Seidenüberzug isolirten Kupferdraht, der drei über einander gelagerte Schrauben mit 400 Windungen bildete, und so einen Cylinder von 16 Centimeter Länge und 4 C. Durchmesser formirte. Die Enden dieses Drahtes wurden mit einem Elektromotor verbunden. Sobald dieses erfolgt war, bemerkte man am Multiplicator eine sehr deutliche Ablenkung der Magnetnadel. — Baumgartner bediente sich zur Demonstration des secundären electrischen Stromes einer Vorrichtung, die der Ampère'schen ähnlich, aber leichter herzustellen ist, und welche das Dasein dieses Stromes durch die an einem frischen Froschschenkel hervorgebrachten Zuckungen zeigt. Diese Vorrichtung stellt Fig. 287. dar. AB ist ein mit einer möglichst tief eingedrehten Rinne versehener hohler Cylinder, an welchem ein vierkantiger Stab befestigt ist, der zu beiden Seiten um ein Paar Zoll vorsteht, und dazu dient, den Cylinder in eigenen, an besonderen Trägern C angebrachten Pfannen festzuhalten. DE ist ein anderer massiver Holzcylinder mit eingeschnittenen Schraubengängen. Dieser ist mit Kupferdraht in drei über einander befindlichen Lagen umwunden, und jede Windung von der angrenzenden durch einen Seidenüberzug getrennt. Er kann ohne starke Reibung in die Höhlung der Walze AB geschoben werden. Die Drahtenden aller drei Spiralen sind zu einem einzigen Stück zusammengedreht. Es ist nicht nöthig, daß sich die drei über einander liegenden Windun-

gen über den ganzen Cylinder erstrecken, sondern es reicht hin, wenn sie ein Stück desselben einnehmen von der Länge der hohlen Walze AB, so daß man, wenn sich DE in der Höhlung dieser Walze befindet, von der dreifachen Spirale nichts sieht. Ein anderer Kupferdraht, der auch durch einen Seidenüberzug isolirt ist, und dessen Enden FF sind, ist um die Walze AB da, wo dieselbe die Vertiefung hat, gewunden. Verbindet man die Enden FF mit einem Elektromotor und berührt mit den Enden GG des um den Cylinder DE gewundenen Drahtes die Schenkel eines frisch präparirten Frosches, so lehren die eintretenden Zuckungen das Dasein eines elektrischen Stromes im betreffenden Drahte. Man kann natürlich die Drahtenden GG auch mit einem Multiplicator verbinden, allein Baumgartner konnte auf diesem Wege nie eine Ablenkung der Magnetnadel erzielen, wahrscheinlich, weil die von ihm gebrauchten Drähte zu wenig Windungen hatten. Der Draht, dessen sich Baumgartner bedient, hat 1 L. Durchmesser; er brauchte mit gutem Erfolge ein einziges elektromotorisches Element von 1 Q. F. Zink- und 2 Q. F. Kupferfläche, und als feuchten Leiter Wasser mit $\frac{1}{8}$ des gewöhnlichen doppelten Scheidewassers, jedoch mußte der Frosch sehr empfindlich sein, wenn der Versuch gelingen sollte. *)

Wir gehen nun zu den eigentlich magnetoelektrischen Versuchen über. Alle diese Versuche zeigen: daß mittelst eines Magnetes elektrische Ströme hervorgerufen und folglich elektrische Erscheinungen hervorgebracht werden können. Die Gegenwart des elektrischen Stromes kann auch hier wieder aus seinen verschiedenen Wirkungen beobachtet werden. Im Allgemeinen stimmen die Versuche mit den vorerwähnten ganz zusammen, nur daß der secundäre Strom hier durch einen Magnet, der als Hauptstrom zu betrachten ist, erregt wird. Faraday bediente sich anfangs eines durch Elektricität geschaffenen zeitweiligen Magneten (s. d. Art. Elektromagnetismus S. 184. ff.). Sein Apparat ist in Fig. 288. abgebildet. Er besteht aus einem Ringe, der aus einer weichen, runden, $\frac{7}{8}$ Z. dicken Eisenstange zusammengeschweißt ist, und 6 Z. äußeren Durchmesser hat. Ein 9 Z. langes Stück A dieses Ringes würde mit drei $\frac{1}{20}$ Z. dicken Kupferdrähten so umwickelt, daß jede Windung von der anderen und von dem

---

*) Schon im J. 1822 hatten Ampère und de la Rive einen ganz hierher gehörigen Versuch angestellt und bekannt gemacht. In und nahe bei den (weiten und fast in einer Ebene liegenden) Spiralwindungen eines mit Seide besponnenen Drahtes, war an einem sehr dünnen Seidenfaden ein Kupferring aufgehängt, und demselben ein Hufeisenmagnet so genähert, daß der eine Pol innerhalb und der andere außerhalb des Ringes sich befand. So wie die Enden jenes Drahtes mit den beiden Polen der Volta'schen Säule verbunden wurden, stieß der Magnet den Kupferring ab oder zog ihn an, welches beweist, daß durch den Schließungsdraht ein circulirender Strom im Ringe erregt wurde.

Eisen durch einen isolirenden Ueberzug getrennt war. Ein zweites, eben so langes Stück B erhielt ähnliche Windungen aus zwei Kupferdrähten. Die Drahtenden der Windungen B wurden mit einem Multiplicator, die der Windungen A mit einer Batterie von 10 Plattenpaaren, jedes von 4 Q. Z. verbunden. Sobald die letztere Verbindung hergestellt oder wieder aufgehoben wurde, wich die Magnetnadel stark ab. Eine noch stärkere Wirkung wurde erhalten, als man die Windungen B gar nicht benutzte, und die Enden von einem der drei Drähte von A mit dem Multiplicator, die zwei anderen aber mit der Batterie verband. Wurde eine Batterie von 100 Plattenpaaren, jedes zu 4 Q. Z. gebraucht, so trat an der Magnetnadel eine gänzliche, 4 — 5 malige Umdrehung ein. — Um die Vertheilung durch Volta'sche Ströme mit der durch Magnete zu vergleichen, umgab Faraday einen hohlen Pappcylinder mit einer Combination von Schraubendrähten, auf ähnliche Weise wie bei den oben angegebenen Versuchen. Sie enthielt 8 Kupferdrähte, zusammen von 220 F. Länge, vier derselben wurden, Ende an Ende geknüpft, mit dem Galvanometer verbunden, die vier dazwischen gewickelten aber, nachdem sie ebenfalls mit ihren Enden vereint waren, zur Schließung der Batterie von 100 Plattenpaaren benutzt. Mit dieser Vorrichtung war die Wirkung auf den Galvanometer kaum merklich, doch konnten mit dem secundären Strome Stahlnadeln magnetisirt werden. Als aber ein $\frac{7}{8}$ Zoll dicker und 12 Zoll langer Cylinder von weichem Eisen in die mit Schraubendrähten umwickelte Papprőhre gesteckt wurde, wirkte der secundäre Strom mächtig und mit all den beschriebenen Erscheinungen auf den Galvanometer, auch besaß er das Vermögen Stahl zu magnetisiren, anscheinend in noch höherem Grade, als wenn kein Eisencylinder zugegen war. Wurde statt des Eisenstabes ein gleicher Stab von Kupfer genommen, so war keine Wirkung da, die nicht schon die Schraubendrähte für sich ausgeübt hätten. Diese Vorrichtung mit dem Eisenstab wirkte übrigens nicht so kräftig als die schon beschriebene mit dem Ringe. — Aehnliche Wirkungen wurden nun durch gewöhnliche Magnetstäbe hervorgebracht. Es wurden nämlich die auf der Papprőhre befindlichen Schraubendrähte, nachdem sie unter sich zu einem Ganzen vereint waren, durch zwei Kupferdrähte von fünf Fuß Länge mit dem Galvanometer verbunden, dann in die Axe der Röhre ein Cylinder von weichem Eisen gestellt, und nun zwei Magnetstäbe, deren jeder 24 Zoll lang war, mit den entgegengesetzten Polen ihrer einen Enden hufeisenartig in Berührung gebracht, und mit denen der andern auf die Enden des Eisencylinders gelegt, so daß dieser ein Magnet werden mußte (Fig. 289.). Durch Fortnahme oder Umkehrung der Magnetstäbe konnte der Magnetismus des Eisencylinders nach Belieben aufgehoben oder umgekehrt werden. — Bei Auflegung der Magnetstäbe auf den Eisencylinder wich die Nadel ab; bei fortdauernder Berührung desselben aber kehrte sie in ihre anfängliche Lage zurück; bei Aufhebung des Contacts wurde sie abermals abgelenkt, aber nach entgegengesetzter Seite wie zuvor, und dann nahm sie wieder die ursprüngliche Lage an. Wurden die Magnetstäbe in umgekehrter Stellung aufgelegt, waren auch die Ablen-

kungen umgekehrt. — Bei Auflegung der Magnetstäbe auf den Eisenstab war der secundäre Strom, wie es die Ablenkung zeigte, von entgegengesetzter Richtung mit dem, welcher den Eisenstab so magnetisirt haben würde, wie es durch die Berührung mit den Magnetstäben wirklich geschah. — Da man glauben konnte, daß der in den vorhergehenden Versuchen erregte momentane Strom durch eine besondere, bei der Bildung des Magneten stattfindende Wirkung, und nicht durch die bloße Annäherung hervorgebracht worden sei, so wurde der folgende Versuch angestellt. Alle gleichliegenden Enden des zusammengesetzten Schraubendrahtes wurden durch Kupferdraht zusammengebunden, und die dadurch entstandenen zwei Hauptenden mit dem Galvanometer ververeint. Der weiche Eisenstab wurde entfernt, und statt dessen ein cylindrischer Magnetstab von $\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser und $8\frac{1}{2}$ Zoll in Länge angewandt. Dieser Magnet wurde mit einem Ende in die Axe des Schraubendrahtes gestellt, und, nachdem die Galvanometernadel zur Ruhe gekommen war, plötzlich hineingeschoben. Augenblicklich wich die Nadel ab in gleicher Richtung, wie wenn der Magnet durch eins der zwei vorhergehenden Verfahren erst gebildet worden wäre. — Blieb der Magnet darin, so nahm die Nadel wiederum ihre erste Stellung an; wurde er herausgezogen, so wich sie nach entgegengesetzter Richtung ab. Die Ablenkungen waren nicht groß; indeß konnte die Nadel durch ein in Uebereinstimmung mit ihren Bewegungen wiederholtes Hineinstecken und Herausziehen des Magnetes, zuletzt zu Schwingungen von 180° und mehr gebracht werden. — Bei diesem Versuche durfte der Magnet nicht ganz durch den Schraubendraht gesteckt werden, weil sonst eine zweite Wirkung eintrat. Wurde der Magnet hineingesteckt, so wich die Nadel in gewisser Richtung ab; wurde er, während er darin war, dann ganz durchgeschoben oder zurückgezogen, so wich sie nach entgegengesetzter Seite ab. Wurde der Magnet in einem Zuge ganz durch den Schraubendraht geführt, so wich die Nadel erstlich in einer Richtung ab, blieb dann plötzlich stehen, und ging nun nach der entgegengesetzten Seite. — Wenn ein hohler Schraubendraht, wie er oben beschrieben ist, in die Richtung von Ost nach West (oder in irgend eine andere constante Richtung) gelegt und ein Magnetstab in derselben Richtung mit dem Nordpol z. B. immer gegen Westen gehalten wird, so weicht die Nadel stets in gleicher Richtung ab, welchen der Pole man auch zuerst in den Schraubendraht steckt, und eben so weicht sie immer in gleicher, aber entgegengesetzter Richtung ab, in welcher Richtung man auch den Magnetstab herauszieht. — Die königliche Gesellschaft besitzt ein großes magnetisches Magazin, welches früher dem Dr. Gowin Knight gehörte. Durch den Präsidenten und die Vorsteherschaft wurde Faraday die Benutzung desselben zu diesen Versuchen erlaubt. Dieß Magazin besteht aus 450 Magnetstäben, jeder 15 Zoll lang, einen Zoll breit und einen halben Zoll dick, welche in einer Büchse so zusammengestellt sind, daß sie an einem Ende zwei äußere Pole darbieten (Fig. 290.). Diese Pole ragen 6 Zoll aus der Büchse, sind im Querschnitt zwölf Zoll hoch und drei Zoll breit, und stehen neun Zoll von einander. Wird ein drei Zoll dicker Cylinder von wei-

chem Eisen quer auf diese Pole gelegt, so ist ein Gewicht von fast hundert Pfund erforderlich, um ihn abzureißen. Der linke Pol in der Figur ist der gezeichnete (Nordpol). — Der Galvanometer stand bei allen mit diesem Magnet angestellten Versuchen etwa acht Fuß von demselben entfernt, nicht ihm gerade gegenüber, sondern 16° bis 17° seitwärts. Es fand sich, daß dieser Magnet beim Anhängen und Abziehen des weichen Eisens ein wenig auf den Galvanometer wirkte; allein alle aus dieser Quelle entstehenden Fehler wurden leicht und sorgfältig vermieden. — Die elektrischen Wirkungen mit diesen Magneten waren sehr auffallend. Wurde durch den zusammengesetzten Schraubendraht, dessen einzelne Drähte auf die S. 578. angegebenen Weise in zwei Enden vereinigt und mittelst dieser mit dem Galvanometer verbunden waren, ein 13 Zoll langer Cylinder von weichem Eisen gesteckt, und dann dieser mit den Polen des Magazins (Fig. 290). in Berührung gebracht, so schoß ein so mächtiger elektrischer Strom über, daß die Nadel mehrmals im Kreise herum wirbelte. — Ungeachtet dieser großen Kraft, kehrte die Nadel bei Unterhaltung des Contacts in ihre natürliche Lage wieder zurück. Wurde der Contact aber aufgehoben, so kreiste die Nadel, mit gleicher Kraft wie zuvor, nur in entgegengesetzter Richtung, umher. — Eine Kupferplatte, die gleich einer Dille einmal um den Eisencylinder gewickelt worden war, jedoch um die directe Berührung zu verhindern, mit dazwischen gelegtem Papier, wurde mit ihren Rändern durch Drähte mit dem Galvanometer verbunden. Als darauf der Eisencylinder an die Pole des Magazins gelegt ward, fand eine starke Wirkung auf die Galvanometernadel statt. — Es wurde nun, ohne die Schraubendrähte und die Kupferdille, der Draht des Galvanometers einmal um den Eisencylinder geschlagen (Fig. 290.); allein auch dießmal zeigte sich eine starke Wirkung, wenn der Cylinder an die Pole gehängt oder von ihnen abgezogen ward. — Als der Schraubendraht mit seinem Eisencylinder den Magnetpolen bloß genähert wurde, ohne sie in Berührung zu setzen, fanden noch starke Wirkungen statt. Wurde der Schraubendraht für sich, ohne den Eisencylinder den Polen genähert, oder zwischen dieselben gestellt, so wurde die Nadel um 80° bis 90° und mehr aus ihrer natürlichen Lage gerissen. — Die Vertheilungskraft war also desto stärker, je näher der Schraubendraht, mit oder ohne Eisenstab an die Pole gebracht wurde, sonst aber waren die Wirkungen gleich, der Schraubendraht u. s. w. mochte oder mochte nicht mit dem Magnet in Berührung gesetzt sein, d. h. es fand keine bleibende Ablenkung des Galvanometers statt, und die Wirkungen des Näherns und Entfernens waren einander entgegengesetzt. — Ein Bolzen von Kupfer, statt des Eisencylinders, in den Schraubendraht gesteckt, erhöhte die Wirkung des letzteren durchaus nicht; allein ein dicker Eisendraht statt seiner genommen, verstärkte die Wirkung bedeutend.

Nobili und Antinori zeigten die Erregung eines elektrischen Stromes durch den Magnet durch folgenden Apparat, welcher Aehnlichkeit mit dem einen von Faraday angegebenen hat. Man umwickelt ein weiches Stück Eisen BC (Fig. 291.) mit einem durch Sei-

denüberzug isolirt gehaltenen Metalldraht, läßt die beiden Enden a und b dieses Drahtes lang vorstehen und verbindet sie mit den Enden eines empfindlichen Multiplicators, der weit genug von dem Stabe BC entfernt ist, um jeder Wirkung des Eisens sowohl als auch jener eines in derselben Lage befindlichen Magnetes auf die Magnetnadel des Multiplicators zu entgehen. Nähert man nun dem betreffenden Eisenstabe einen hufeisenförmig gebogenen Magnet schnell bis zur Berührung, so wird dadurch das weiche Eisen selbst zu einem Magnet und man erkennt also gleich an der Ablenkung der Nadel des Multiplicators das Dasein eines elektrischen Stromes, so wie man aus dem baldigen Zurückkehren der Nadel in die Lage ihres natürlichen Gleichgewichts wohl schließen kann, daß der Strom nicht anhaltend sei. Wenn man aber den Magnet vom Eisenstabe losreißt und letzterer wieder in seinen natürlichen, unmagnetisirten Zustand zurückkehrt, tritt eine neue Ablenkung am Multiplicator ein, die der vorigen entgegengesetzt ist, zum Beweise, daß abermals ein elektrischer Strom eingetreten sei, welcher dem vorigen entgegengesetzt ist. — In Fig. 292. ist eine Vorrichtung dargestellt, bei welcher ein Hufeisenmagnet unmittelbar auf einen Kupferdraht wirkt. Der Grundgedanke zu diesem Apparate gehört Dal Negro, Baumgartner aber hat ihn ausgeführt und beschrieben. Zwei 6 Zoll lange Glasröhren AA mit einem äußeren Durchmesser von 2 Zoll und einer Glasdicke von 1 L. sind mit gefirnißtem Papier überleimt, und jede ist ihrer ganzen Länge nach mit einem Kupferdraht schraubenförmig umwunden, jedoch so, daß jede Windung durch eine Seidenschnur, die für sich den Drahtwindungen parallel um die Glasröhre geht, von der benachbarten getrennt ist. Die Windungen auf dem einen Cylinder bilden eine rechte, die auf dem anderen eine linke Schraube. Beide Glasröhren sind in paralleler Richtung auf einem Brete MM mittelst Ueberlagen aa befestiget, und so tief in das Holz eingelassen, als es die Glasdicke und der Ueberzug sammt dem Durchmesser des Drahtes fordert. Die beiden um den Cylinder gewundenen Drähte sind an einem Ende b mit einander verschlungen, jedes der zwei anderen Drahtenden reicht in eine kleine am Brete angebrachte Vertiefung c, die mit Quecksilber ausgefüllt ist. Beim Gebrauche dieses Apparates taucht man jeden der 2 Drähte eines guten Multiplicators in eine der genannten Vertiefungen c, und läßt sie, damit sie unverrückt darin erhalten werden, unter einem kleinen federnden Metallstreifen d durchlaufen, der sie fest ans Holz andrückt; ferner nimmt man einen Hufeisenmagnet, dessen Biegung der Lage der Axen der zwei Glasröhren gemäß ist, und schiebt ihn schnell mit jedem Pole in eine der genannten Röhren. Man wird alsogleich eine bedeutende Ablenkung der Magnetnadel bemerken. Dasselbe erfolgt, jedoch in entgegengesetzter Richtung, wenn man den Magnet schnell aus den Cylinder hervorzieht. Durch tactmäßig fortgesetztes Einschieben und Hervorziehen kann man den Ablenkungswinkel sehr vergrößern, besonders wenn man den Tact der Schwingungsdauer der Nadel gemäß einrichtet.

Die angegebenen Apparate können natürlich auch angewendet werden, um Zuckungen an Froschschenkeln (deren Präparation im Art.

Galvanismus S. 474. angegeben) hervorzubringen. Statt mit einem Galvanometer werden die Drahtenden mit dem Präparat in Berührung gebracht. Schon Faraday hat Zuckungen an Froschschenkeln beobachtet.

Baumgartner bemerkt, daß die beschriebenen Vorrichtungen die Wirkung zeigen, welche an einem guten Leiter eintritt, wenn man ihn dem Einflusse eines elektrischen Stromes aussetzt, oder von diesem Einflusse befreit. Es tritt aber auch ein elektrischer Strom ein, wenn man die Stärke oder Anordnung der magnetischen Kräfte, unter deren Einfluß ein guter Elektricitätleiter steht, abändert. Baumgartner gibt dieß zu zeigen folgende Anleitung. Am Apparate Fig. 287. wird der Cylinder DE beseitiget, und der um die Walze AB gewundene Draht mit seinen Enden FF mit einem Multiplicator in Verbindung gesetzt; ferner wird ein gerader, am besten runder, langer Magnetstab gebraucht, der statt des Cylinders DE in die Hohlung der Walze AB geschoben werden kann. Schiebt man denselben in diese Höhlung, so tritt eine Ablenkung der Magnetnadel ein; wartet man ab, bis die Nadel wieder ruhig geworden und in ihrem natürlichen Stande ins Gleichgewicht gekommen ist, so darf man den Magnetstab nur um ein Geringes mehr hineinschieben oder ein wenig herausziehen, und es ist gleich eine neue Ablenkung am Multiplicator bemerkbar. Diese ist demnach durch Abänderung der Stärke jener Kraft erzeugt worden, welche den electrischen Strom hervorruft. Noch interessanter ist die Wirkung der folgenden Vorrichtung: Man umwinde einen starken Hufeisenmagnet der ganzen Länge nach mit einem etwa 1 L. dicken Kupferdraht, sorge aber dafür, daß derselbe den Magnet nirgends leitend berühre, und bringe die Enden desselben mit einem guten Multiplicator in Verbindung. Hier steht nun der Draht unter dem Einflusse des Magnetes, aber er wirkt nicht auf die Magnetnadel. So wie man aber einen Anker an den Magnet bringt, und dadurch die Anordnung seiner magnetischen Kräfte abändert, äußert sich die Wirkung dieser Aenderung durch einen electrischen Strom, der die Magnetnadel merklich ablenkt.

Entsprechende Beobachtungen haben auch Becquerel und Ampère gemacht. Sie bedienten sich bei ihren Versuchen eines hohlen Holzcylinders, der schraubenförmig mit Draht umwunden und durch diesen mit einem Multiplicator verbunden war. Sie gaben unter anderen folgende Resultate ihrer Versuche an. Die Mitte eines Magnetstabes rasch in den hohlen Cylinder gesteckt, bewirkt eine drei bis vier mal größere Ablenkung als der Pol dieses Stabes unter gleichen Umständen. Beim Herausziehen des Magnetstabes aus dem Cylinder, gleichviel zu welchem Ende, findet eine Ablenkung in entgegengesetzter Richtung statt, wie beim Hineinstecken. So lange der Magnet in dem hohlen Cylinder unbewegt bleibt, findet keine Einwirkung auf die Multiplicatornadel statt, man mag dessen Verbindung mit dem hohlen Cylinder unterbrechen oder wieder herstellen. Durch abwechselndes ruckweises Hineinstecken und Herausziehen erhält man bei jedem Rucke eine Ablenkung in einer Richtung vom eintretenden Pole bis zur Mitte des Mag-

neten, in entgegengesetzter Richtung von dieser Mitte bis zum austretenden Pole. *)

Nobili und Antinori haben auch die Wirkung des Erdmagnetismus in Bezug auf Erzeugung elektrischer Ströme beobachtet und dieselbe der von gewöhnlichen Magneten gleich gefunden. Sie nahmen eine nahe 2 $\frac{1}{4}$ Zoll weite Röhre aus Kartenpapier, umwickelten sie mit einem isolirten 40 Meter langen Kupferdrahte und setzten die Enden desselben mit dem Multiplicator in leitende Verbindung. Wurde dieser Cylinder in die Lage eines freischwebenden Magneten gebracht und dann in sein Inneres ein weicher Eisenstab geschoben, damit derselbe durch den Erdmagnetismus zu einem wirklichen Magnete wurde, so erkannte man aus der Ablenkung der Magnetnadel das Daseyn des elektrischen Stromes. Ein anderer, diesem entgegengesetzter Strom trat ein, wenn man den Eisenstab aus der cylindrischen Röhre herauszog. Hier wirkte zwar der Erdmagnetismus nicht unmittelbar auf die Spirale, sondern nur auf den Eisenstab, und der elektrische Strom wurde durch den Magnetismus dieses Stabes erregt; allein der Versuch beweiset, daß die durch den Erdmagnetismus an einer Eisenstange hervorgerufene magnetische Kraft schon fähig sey, einen electrischen Strom in einem Leiter hervorzurufen. Es läßt sich aber auch die unmittelbare Einwirkung des Erdmagnetismus auf eine Spirale nachweisen. Stellt man nämlich den mit der Spirale umzogenen Papiercylinder in den magnetischen Aequator, so bemerkt man an der Spirale im Augenblicke, wo

*) Ampère hat alle Versuche so wiederholt, daß er an der Stelle des Magneten eine elektrodynamische Schraube anwandte, und alle Resultate gleichmäßig erhalten, auch die zuletzt erwähnten. Er sagt darüber Folgendes: „Die Wirkungen, welche, nach den mit Becquerel gemeinschaftlich angestellten Versuchen stattfinden, wenn ein Magnetstab ruckweise in den Cylinder gesteckt, und auf gleiche Art herausgezogen wird, wodurch sich bei jedem Rucke eine Ablenkung einstellt, in einer Richtung von dem eintretenden Pole bis zur Mitte des Stabes, und in umgekehrter Richtung, von der Mitte bis zum anderen Pole, — diese Wirkungen wiederholen sich mit all denselben Umständen, wenn man statt eines Magnetes den Schraubenstab nimmt. In beiden Fällen bemerkt man, daß, wenn die Mitte des Magneten oder des Schraubenstabes schnell bis zur Mitte des Cylinders hineingesteckt wird, eine Ablenkung entsteht, die gleich ist der Summe aller derer, welche bei jedem Ruck eintreten, mit Einschluß der ersten Ablenkung, welche stattfindet, wenn man bloß das Ende des Schraubenstabes oder des Magnetes in die Ebene jenes Cylinders bringt. Diese erste Ablenkung macht indeß von der gesammten Ablenkung, welche bei schnellem Hineinstecken sogleich bis zur Mitte entsteht, einen größeren Theil aus, wenn man den Schraubenstab anwendet, als wenn man sich des Magneten bedient, weil in dem Schraubenstabe alle elektrischen Ströme von gleicher Intensität sind, während die Intensität der Ströme in dem Magnetstabe, wie ich schon vor langer Zeit nachgewiesen habe, in dessen Mitte weit größer ist, wie an dessen Enden.“

er die rechte Lage einnimmt, deutliche Zeichen eines electrischen Stromes, und diese treten sogar auch dann, aber in einem etwas geringeren Grade ein, wenn der Cylinder in die verticale Lage gebracht wird. Eine Spirale aus dickerem Drahte wirkt hierbei besser, als eine solche mit dünneren Drähten.

Die der galvanischen Elektricität eigenthümlichen Licht- und Geschmacksempfindungen hat Faraday bei seinen ursprünglichen Beobachtungen nicht mit völliger Deutlichkeit wahrgenommen. Nobili und Antinori haben aber mit ihrem Fig. 291. abgebildeten Apparate diese Wirkungen beobachtet. Setzt man mit jedem der Drahtenden a und b eine Metallplatte von derselben Natur in leitende Verbindung, legt eine derselben unter, die andere über die Zunge, bringt hierauf abwechselnd den Magnet A mit dem Trageisen BC in Berührung und reißt ihn nach einer kleinen Weile wieder davon los, so tritt sogleich die characteristische Geschmacksempfindung ein. Eben so kann man den Lichtschein bemerken, wenn man die zwei genannten Metallstücke bei geschlossenen Augen mit dem oberen Zahnfleische in Berührung setzt und das Trageisen wieder abwechselnd magnetisirt und in den natürlichen Zustand zurückkehren läßt. Beide Wirkungen treten unzweideutig ein, doch wird der Geschmack leichter und schon durch kleinere magnetische Kräfte erregt als die Lichterscheinung. Ganz in ähnlicher Art wie Nobili hat Watkins den Versuch über die Geschmacksempfindung angestellt, doch war der Stahlmagnet, von dem der mit Draht umwundene Anker abgerissen wurde, wahrscheinlich mächtiger als der von Nobili gebrauchte. Denn nachdem ein Drahtende auf, das andere unter die Zunge gelegt worden war, wurde von Watkins beim Abreißen des Ankers ein Schlag verspürt, der nach mehrmaliger Wiederholung eine wirklich schmerzhafte Wirkung auf die Zunge hervorbrachte.

Die auffallendste elektrische Erscheinung ist nun aber der elektrische Funke, und auch dieser ist durch Wirkung des Magnetismus erzeugt worden. Faraday brachte den Funken zuerst an dem Apparate Fig. 288. hervor, indem er die Enden des Drahtes A mit Kohlenspitzen versah, sie einander sehr nahe brachte und die Drähte der Windungen B mit der Batterie verband. Der Funke zeigte sich an diesen Spitzen im Augenblicke des Schließens der Kette durch die Drähte A. Später aber gab derselbe Gelehrte einen andern Apparat zu demselben Zwecke an, den Fig. 293 darstellt. AA ist ein Stab aus weichem Eisen, um welchen ein Kupferdraht in mehren schraubenförmigen Gängen gewunden ist. Das eine Ende C dieses Drahtes ist aufwärts gebogen, und steht mit einem flachen Scheibchen B in Verbindung, das andere Ende D, hingegen hat eine solche Biegung, daß es dem Scheibchen gerade gegenüber zu stehen kommt. Dieses Drahtstück ist so steif, daß es stark federt, und bei einem etwa an dem Stabe AA angebrachten Stoße in Oscillationen geräth, bei deren jeder es an das Scheibchen B mit dem Ende anstößt. Zum Behufe einer guten Leitung ist sowohl das Scheibchen als die Drahtspitze D amalgamirt. Bringt man nun den Stab AA schnell an die Pole eines Hufeisenmagnetes, so tritt vermöge des dabei stattfindenden Stoßes das genannte Federn des Drahtes D ein,

und es schließt und öffnet sich der Kreis, den jener Draht formirt, schnell hinter einander mehremale. Zugleich wird der Stab A A magnetisch, erregt dadurch im Drahte einen elektrischen Strom und die Elektricität tritt im Augenblicke des Ueberganges vom Scheibchen in den Draht D (oder umgekehrt) als Funke auf. Ganz ähnlich ist ein von Strehlke angegebener Apparat. Bei diesem sind die entblößten Enden der Drähte so gebogen, daß sie beim Stoß auf einander federn, wo dann zwischen ihnen der Funke erscheint. Böttger hat den Faraday'schen Anker noch in sofern abgeändert, daß er an das Ende des federnden Drahtes ein Büschel feinen übersilberten Kupferdrahtes anbrachte, wie Fig. 294. vorstellt. a c sind Würfel an den Enden des Ankers, welche mit den Enden eines kräftigen Magneten in Berührung gebracht werden. Beim Anlegen und Abreißen dieses Ankers entstehen mehre Funken. Setzt man den Anker auf die beiden Polenden des Magnetes, und ertheilt ihm, indem man seine beiden Würfel mit den Händen erfaßt, durch überaus schnelles Hin- und Herneigen der Kanten a a und c c eine schaukelnde Bewegung, stehen hierbei die Spitzen in schwacher Berührung mit dem Kupferplättchen i i, so erscheinen, ohne daß der Anker losgerissen wird, Funken, die besonders im Dunkeln wahrgenommen werden. Dieß ist eine weitere Bestätigung des von Baumgartner aufgestellten Satzes: daß ein elektrischer Strom schon durch jede Veränderung der Stärke und Anordnung der magnetischen Kräfte erzeugt wird. Böttger nennt den von ihm angegebenen Anker einen Spitzenanker. — Von großer Wirkung sind die Apparate, welche Nobili und Antinori zum Behufe der magnetoelektrischen Funkenerzeugung angegeben haben. Sie sind in den Figuren 295.—300. abgebildet. Die Vorrichtung, welche Fig. 295. darstellt, besteht aus einem gewöhnlichen Hufeisenmagnete A der etwa 5 — 10 Pfd. zu tragen im Stande ist, und einem Trageisen B. Letzteres hat an beiden Enden schwalbenschwanzähnliche Vertiefungen, in welche Zäpfchen a passen, die auswärts mit Knöpfen versehen sind, und dazu dienen, das Trageisen beiderseits mit den Fingern zu fassen und zugleich kleine Metallfederchen b an das Eisen zu befestigen, deren Länge so abgemessen ist, daß sie sich an die untere Fläche der Magnetenden andrücken, wenn das Eisen am Magnete hängt. Ueberdieß sind am Trageisen, senkrecht auf dessen Axe, zwei Scheiben so befestiget, daß sie zwischen sich eine Vertiefung, wie der Schnurlauf einer Rolle ist, bilden. Diese Vertiefung füllt ein isolirter Kupferdraht C aus, der spiralförmig gewunden und mit seinen Enden an die Knöpfchen a befestigt ist. Beim Gebrauche bringt man das Trageisen an den Magnet und reißt es hierauf schnell ab, indem man es in a mit den Fingern faßt. Der Funke zeigt sich am Ende der Federn a. — Die Figur 296. dargestellte Vorrichtung unterscheidet sich von der vorhergehenden nur darin, daß statt 2 Federchen b, deren nur eines angebracht ist, und daher auch der Funke nur an einer Seite beobachtet werden kann. Der Draht ist an einem Ende unmittelbar mit dem Magnete verbunden. — Fig. 297. versinnlicht einen dritten zu demselben Zwecke dienenden Apparat, von etwas mehr complicirter Natur als die vor-

hergehenden. An einem Pole des Hufeisenmagnetes befindet sich eine durch Schrauben befestigte Metallfassung A, an welche der Spiraldraht mit einem Ende angebracht wird, während er mit dem anderen Ende das Trageisen B berührt. Der zweite Pol des Magnetes ist mit einer ähnlichen verschiebbaren, aber durch eine Stellschraube zu befestigenden Hülse C versehen. Diese Schraube dient zugleich dazu, um den an drei Stellen rechtwinklich gebogenen Metallstab D an den Magnetpol fest anzudrücken. An diesem Stabe ist ein Z förmig ausgearbeiteter Hebel so befestiget, daß er sich um a wie um eine Axe drehen kann. An den Enden ist dieser Hebel mit kugelförmigen Massen b und c versehen, deren Gewicht so adjustirt ist, daß er in der verticalen Lage im Gleichgewichte steht und von selbst wieder dahin zurückkehrt, wenn er etwa in die durch Punkte verzeichnete versetzt wird. Das Trageisen B hat an einem Ende einen gabelförmigen Ansatz d, und mit diesem steht der ovale Ring e in Verbindung. Wird nun das Trageisen dem Magnete genähert, so begegnet es zuerst mit seinem Ansatze e der Kugel c. Sobald dieses geschehen ist, wird auch der Kreis geschlossen, und der erregte magnetoelektrische Strom circulirt in der Drahtspirale. Gleich darauf tritt die Berührung zwischen dem Trageisen und dem Magnete ein; wenn dieses geschehen ist, trennt sich der Hebel bc von der Masse e, und der Augenblick dieser Trennung ist es, in welchem der Funke bemerkt werden kann. — Der dreifach gebogene Draht D, an dessen einer Seite der Hebel bc angebracht ist, trägt am anderen Ende ein federndes Metallplättchen E, ähnlich dem, in Fig. 295. und 296. vorkommenden, daselbst durch b bezeichneten. Dreht man die ganze Vorrichtung um 180°, so kommt dieses Federstück dem Ringe e des Trageisens gegenüber zu stehen, so wie dieses in Fig. 298. dargestellt ist; dieß kommt mit E in Berührung, sobald man das Trageisen dem Magnete nähert, im Augenblicke der Berührung aber zwischen dem Magnete und dem Trageisen bewirkt der dabei stattfindende Stoß ein Zittern des Federchens E, und dadurch ein oft hinter einander erfolgendes Oeffnen und Schließen der Kette, und gibt so Gelegenheit zum Erscheinen des beabsichtigten Funkens. Ist der Streifen E steif, so tritt jenes Zittern nicht ein, und es dauert die Berührung zwischen E und e fort, daher sich die Kette nicht öffnet und auch der Funke unterbleibt. Doch tritt dieser um so leichter dann ein, wenn man das Trageisen vom Magnete wegreißt. — Es läßt sich auch dieser und der vorhergehende Apparat mit einander verbinden, wie dieses Fig. 299. darstellt. Man braucht dazu natürlich zwei Magnete, deren einer M mit dem Streifen E, der andere N mit dem Hebel bc versehen ist. Sie stehen einander gegenüber und enthalten zwischen sich das Trageisen B. (Letzteres kann zugleich mit der in Fig. 295. und 296. vorkommenden Feder D versehen sein, aber auch ohne dieselbe bleiben). Der Magnet, welcher sich links vom Trageisen befindet, gibt den Funken beim Losreißen, der rechts befindliche hingegen beim Annähern des Trageisens an den Magnet. Da man dieses Eisen leicht von einem Magnet an den anderen bringt, so hat man, so zu sagen, von beiden Seiten gleichzeitig Funken. Nachträglich ha=

den Nobili und Antinori den zur Erzeugung magnetoelektrischer Funken bestimmten Apparat dahin abgeändert, daß sie statt des ovalen Stückes einen kreisrunden sich federnden Ring M (Fig. 300.) brauchen, dessen Oscillationen, wenn sie einmal durch einen Stoß erzeugt waren, durch die mittelst eines Stiftes verbundene Kugel N längere Zeit unterhalten werden. Die in der vorhergehenden Figur mit E bezeichnete Feder erhielt die Gestalt O, und kommt beim Gebrauche des Apparates so zu stehen, daß der Ring M beim Oscilliren bald in p, bald in q anstößt, und so abwechselnd die Kette schließt und wieder öffnet, mithin die zum Erscheinen des Funkens nöthigen Bedingungen herbeiführt. — Ein von Baumgartner constituirter Apparat ist in Fig. 301. abgebildet. Der hufeisenförmige Magnet A ist auf einem hölzernen Tische B befestiget. Zu dieser Befestigung dienen vorzüglich 2 Seitenleisten C des Tisches. Diese reichen an der Seite, wo sich die Magnetpole befinden, über den Tisch hinaus, und sind am Ende a gabelförmig ausgeschnitten. Das Trageisen D läuft zu beiden Seiten in ein dünnes Stück aus, und paßt mit diesem in den Ausschnitt, so daß es in demselben in paralleler Richtung hin und her geführt werden kann. Zum Behufe dieser Bewegung dienen zwei Knöpfe b, die mit dem Trageisen verbunden sind. In der Mitte des Trageisens ist die Spirale F angebracht. Diese besteht aus einem mehre Fuß langen, mit einem Seidenbande umwickelten Kupferstreifen von 6 L. Breite der mit einem Ende an das Trageisen angelöthet ist, mit dem anderen aber eine den Magnet umfassende Drahtschlinge E leitend berührt. Der Streifen darf an letzterem Ende nicht scharf angezogen werden, damit das Trageisen frei bewegt werden kann, die Spiralwindungen des Streifens müssen aber durch Seidenbänder fest an einander gedrückt werden. Es ist klar, daß in dem genannten Streifen ein elektrischer Strom eintreten muß, sobald das Trageisen an die Magnetpole gebracht oder von denselben weggerissen wird, und es soll sich jedesmal, wenigstens beim Wegreißen desselben, zwischen dem Magnete und dem Eisen ein Funke zeigen. Dieses geschieht in der That öfters, jedoch nicht immer. Man darf aber des guten Erfolges vollkommen sicher sein, wenn man durch ein am Trageisen angebrachtes Loch einen etwa $\frac{1}{4}$ Linie dicken Draht c steckt oder schraubt, dessen Länge und Richtung so adjustirt ist, daß er beim Anschließen des Trageisens an den Magnet letzteren mit dem Ende berührt, und sich beim Losreißen des Eisens vom Magnete trennt. In letzterem Falle tritt stets ein sehr lebhafter Funke ein.

Faraday macht in Bezug auf die bisher angeführten Versuche über den magnetoelektrischen Funken die Bemerkung, daß sie alle so angestellt worden, daß ein Eisenstab durch einen Magnet magnetisch, und durch jenen dann erst ein Draht elektrisch geworden sei. Die Elektricität des Drahtes trat im Funken auf. Bei den Nobili'schen Vorrichtungen ist die Kette durch den Magnet, gegen dessen Enden die mit der Spirale verbundenen kleinen Federn drücken, geschlossen, und in dem Augenblicke, in welchem der Anker abgerissen wird, wird auch die Kette unterbrochen, und es erscheint ein Funke. Faraday stellte sich die Aufgabe, die Elektricität ohne den zweiten secundären Magneten

(den Anker) zu erhalten. Dieß gelang ihm auf folgende Weise: Einen etwa 20 Fuß langen, mit Seide besponnenen Kupferdraht wickelte Faraday auf ein kurzes Stück des Endes einer Papprôhre, durch welche ein cylindrischer zolldicker Magnetstab frei hindurchgeschoben werden konnte. An dem einen Ende des Schraubendrahtes war eine kleine amalgamirte Kuferplatte befestigt, und das andere Ende war so gebogen, daß es diese Platte senkrecht in der Mitte berührte, und zwar so, daß, wenn der Magnetstab durch den Cylinder gesteckt wurde, er gegen den Draht stoßen und das Ende desselben von der Platte abheben mußte (Fig. 302.). Wenn diese Handlung mit Schnelligkeit ausgeführt wurde, erschien dann an der Trennungsstelle ein elektrischer Funke. — Faraday's Apparat war horizontal hingelegt, und in das Ende des Cylinders war ein kurzer loser Holzpflock gelegt, so daß die Abhebung des Drahtes von der Platte in dem Moment geschehen mußte, wo das Ende des Magnetes eben durch das Drahtgewinde ging; dieß ist die günstigste Bedingung für den Apparat. Ein in zweckmäßiger Entfernung von der Außenseite angebrachter Gegenstand diente dazu, den Magnet, nachdem er mittelst einer kurzen raschen Bewegung durch den Cylinder getrieben war, und er einen Funken bewirkt hatte, aufzuhalten. Nach der Helligkeit und Ansehnlichkeit des Funkens zweifelt Faraday nicht, daß wenn man beide Enden eines Hufeisenmagneten anwendet und dem leichten Rahmen an dem Drahtgewinde eine hin- und hergehende Bewegung ertheilt, ein eben so starker, wo nicht stärkerer elektrischer Funke erhalten werde, als man bisher mit Magneten von gewisser Kraft erlangt hat.

Faraday gibt auch Nachricht von einem von Jenkins hergestellten Apparate, welcher dazu dient, einen fühlbaren magnetoelektrischen Schlag zu geben. Jenkin's Apparat besteht aus einem in gewöhnlicher Weise schraubenförmig aufgerollten Kupferdrahte, oder vielmehr aus einer Schraube aus drei Drähten, die indeß wohl durch einen einzigen Draht von größerer Dicke ersetzt werden können; die benachbarten Enden sind an zwei dicke Enddrähte gelöthet und diese wieder an zwei kurze Kupfercylinder, um sie anfassen zu können und die Berührungsfläche zu vergrößern. In den Schraubendraht kann ein zwei Fuß langer und einen halben Zoll dicker Eisenstab nach Belieben eingeschoben werden. Der Elektromotor war ein einfaches Plattenpaar, wo die Zinkplatte an beiden Seiten eine Fläche von drei Quadratfuß darbot. Faßt man die beiden Kupfercylinder fest mit den zuvor durch Salzwasser benäßten Händen an, und bringt nun die Enden des Schraubendrahtes abwechselnd in und außer Berührung mit dem Elektromotor, so fühlt man im letztern Falle, d. h. bei Unterbrechung der Berührung, einen bedeutenden elektrischen Schlag, vorausgesetzt, daß der Eisenstab in dem Schraubendraht liege; liegt er nicht darin, so fühlt man weder bei Herstellung noch bei Aufhebung des Contacts einen Schlag.*)

*) Diese Wirkung scheint auf den ersten Blick sehr sonderbar, weil es den Anschein hat, als sei der elektrische Schlag von einem einzigen Plattenpaare hervorgebracht (weil ein solcher nur durch vielplattige galv. Apparate

Faraday selbst war es bei Bekanntmachung seiner Entdeckungen noch nicht gelungen, mittelst einer magnetoelektrischen Vorrichtung chemische Wirkungen, Wasserzersetzung u. s. w., wie sie der galvanischen Elektricität eigenthümlich sind (s. d. Art. Galvanismus S. 559. ff.) hervorzubringen. Mehre Physiker haben seitdem Wasserzersetzung durch den magnetoelektrischen Strom bewirkt. Pohl hat einen Apparat angegeben, welcher alle übrigen magnetoelektrischen Apparate an Wirksamkeit übertrifft, und mit dem auch chemische Wirkungen hervorgebracht werden können. Bei Herstellung dieses Apparates bediente sich Pohl seines Gyrotropes welches im Art. Elektromagnetismus S. 169. schon für sich näher beschrieben ist. Das als Magnet dienende Hufeisen abc (Fig. 303.) hat, von der Mitte der Biegung an gemessen, 12 Zoll lange Schenkel. Ihre Dicke beträgt 1¼ Zoll, und ihr Abstand von einander 5½ Zoll. Sie sind mit gefirnißtem Seidenband, und darüber mit einer einfachen Lage von ziemlich nah an einander liegenden Spiralwindungen aus ¼ Zoll dickem Kupferdraht umgeben, der bei b und c in kleine, mit Quecksilber gefüllte Kupfernäpfe endet. Es ist gut, dieses Hufeisen zu oberst an dem Querbalken des hölzernen Gestelles aufzuhängen, um nach der leicht bewerkstelligten Entfernung der unteren Theile des Apparats, seine Wirkung, die es als temporärer Magnet unter dem Einflusse der Kette äußert, auch für sich wahrnehmen zu können. Die Kette ist ein Calorimotor aus einem spiralförmig gebogenen Kupfer- und Zinkblech, jedes von beiläufig zwei Quadratfuß Fläche, welche in einem Glasgefäß in die aus einem Theil Salpetersäure und 12 Th. Wasser gemischte Flüssigkeit getaucht werden. Werden die Näpfe b und c mit denen der Kette durch eingehängte starke Kupferdrähte verbunden, so trägt das Hufeisen augenblicklich eine als Anker vorgelegte, einen Zoll dicke Schiene von weichem Eisen, mit einer Belastung von mindestens zwei Centnern. — Zum Behuf der magnetoelektrischen Phänomene dient als Anker ein in Form und Größe dem obigen gleicher gebogener Stab von weichem Eisen. An jedem seiner Schenkel sind in d und e, f und g kreisförmige 3½ Zoll breite und 5 Zoll von einander entfernte, mit Lack überzogene Metallplatten befestigt, zwischen denen sich die 20fach über einander liegenden Windungen des mit Seide besponnenen ½ Linie dicken Kupferdrahtes befinden. Das Gewicht des letzteren, an beiden Schenkeln zusammen, beträgt 10 Pfund, seine Länge mag sich auf 1800 Fuß be-

---

erzeugt wird). In Wirklichkeit ist dem aber nicht so. Der Schlag rührt nicht her von der von den Platten durch den Körper in Bewegung gesetzten Elektricität, sondern von einem Strome in entgegengesetzter Richtung, welcher von dem eisernen Elektromagneten erregt wird, im Moment, da dieser bei Aufhebung des ursprünglichen Stroms seine Kraft verliert. Es ist jedoch sehr interessant auf diese Weise zu beobachten, wie ein elektrischer Strom von sehr geringer Intensität einen andern Strom von wahrscheinlich hundert Mal größerer Stärke erzeugt. Der Versuch ist einer von den wenigen Fällen, wo es in unserer Macht steht, bei der strömenden Elektricität die Quantität in Intensität zu verwandeln.

laufen. Dieser Anker wird durch einen untergesetzten Träger in h, und durch Querlatten, welche unterhalb der Platten e und g, vermöge durchgesteckter Bolzen, mit Kopfschrauben zu beiden Seiten des Gestells in i und k eben so leicht zu befestigen als abzunehmen sind, in seiner Lage erhalten. — Die Gyrotrope haben die von Pohl längst angegebene Einrichtung. Zu jedem derselben gehören zwei Mittelnäpfe l und m, n und o, die mit Quecksilber gefüllt und mit genau passenden Deckeln geschlossen sind, deren Oeffnungen den hindurchgehenden eintauchenden Kupferdrähten nur so viel Spielraum, als zu Bewegung derselben eben erforderlich ist, gestatten, um das Umherspritzen des Quecksilbers zu vermeiden. Außerdem gehören zu jedem Gyrotrop vier auf die Seiten vertheilte Verbindungsstellen p, q, r, s und t, u, v, w, die hier aber nicht aus Gefäßen, sondern aus flachen, mit Quecksilber wohl amalgamirten Kupferblechen bestehen, und paarweise durch die ohne Berührung sich kreuzenden Drähte zwischen p und s, q und r, t und w, u und v verbunden sind. Die Gyrotropenbügel sitzen nebst den senkrecht herabhängenden Drahtstücken an ringförmigen Fassungen fest, die auf den um Endzapfen bei A und B drehbaren Glasstab aufgekittet sind, und treffen mit je vier amalgamirten Enden durchaus zugleich, entweder auf die Vorderbleche p, q, t, u, oder bei entgegengesetzter Wendung auf die hinteren r, s, v, w. Die Bewegung wird in C durch ein Rad mit Zähnen oder einer Schnur ohne Ende bewirkt, das einen Trieb oder kleine Rolle D mit einem Stift umtreibt, an welchem das geschlitzte Ende einer Perpendiculärstange sich befindet, die mit dem anderen Ende ebenfalls den Stift E einer an dem Glasstabe befestigten horizontalen Stange umfaßt, und damit den Stab um seine Axe hin und her zieht, daß nach Maßgabe der Geschwindigkeit der Drehung in C die Enden der Gyrotropenbügel in der Secunde etwa 6 Mal oder noch öfter, oder auch langsamer abwechselnd die vier vordern und hintern Bleche berühren. — Es werden nun von dem ersten Gyrotrop die Mittelnäpfe l und m mit den Polen der Kette, und die beiden Bleche r und s mit den Näpfen b und c des als Magnet dienenden Hufeisens durch zweckmäßig angebrachte Drahtleitungen verbunden; deßgleichen vom zweiten Gyrotrop die Mittelnäpfe n und o mit den beiden unter d und f hervorgehenden Endungen des um den Anker gewundenen Multiplicatordrahtes, so wie die vorderen Bleche t und u endlich durch Drähte mit dem jedesmaligen Gegenstande des Versuchs, z. B. mit den beiden Platindrähten F und G eines kleinen Gasentbindungsapparats, in Verbindung gesetzt. Ist die Leitung überall vollständig und die Wirkung kräftig, so sieht man schon bei jedem Aufschlagen der vier Enden der Gyrotropenbügel zwischen ihnen und den berührten Blechen eben so viel lebhafte Funken, von denen die beiden am ersten Gyrotrop der Kette angehören; da aber diese durch den starken, über der Seidenlage isolirten Kupferdraht zwischen b und c vollkommen in sich geschlossen ist, so können die Funken des zweiten Gyrotrops schon darum nicht mehr von der Kette herrühren, sondern sie gehören lediglich der elektrischen Reaction an, welche in dem Multiplicatordraht des Ankers durch die starke momentane magnetische Erregung

hervorgerufen wird, und zunächst von den Mittelnäpfen n und o aus dem Gyrotrop sich mittheilt. — Da vermöge des ersten Gyrotrops die magnetische Polarität in b und c mit jeder Wendung des Bügels wechselt, so wechselt auch eben damit die entsprechende Polarität der elektrischen Reaction zunächst in n und o. Gesetzt also, es empfange, wenn die Vorderbleche p, q, t, u berührt werden, n die dem Nordpol entsprechende Reaction, o diejenige des Südpols, so ist also bei dieser angenommenen Lage der Gyrotrope auch in t und F elektrische Nordpolreaction, und in u und G Südpolreaction. In der gleich darauf folgenden entgegengesetzten Lage, bei Berührung der Bleche r, s, v, w, ist nun, dem vorigen entgegengesetzt, in n Reaction des Südpols, in o des Nordpols; folglich ist auch bei der jetzigen Lage des Gyrotrops in v Südpolreaction, in w Nordpolreaction; eben daher aber, vermöge der Leitung durch die Kreuzdrähte, in o und G Südpolreaction, in t und F Nordpolreaction, gerade eben so wie in der ersteren Lage; daß also F mit jeder veränderten Lage, bei jedem Aufschlagen der Bügelenden, immer einen neuen Erregungsimpuls, aber stets denselben der nämlichen Polarreaction, z. B. bloß posit. und ebenso G stets bloß negat. Elektricität empfängt. Die Wirkung dieses Apparats ist von überraschender Kräftigkeit, und läßt die Leistungen ähnlicher, durch Stahlmagnete von gleicher Größe bedingter Vorrichtungen weit hinter sich zurück. Befestigt man an den äußeren von t und u ausgehenden Drähten hohle Metallcylinder, von etwa 1 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Länge, die an dem einen Ende mit Drähten von etwa $\frac{1}{8}$ Zoll Dicke versehen sind, so sieht man, wenn man mit jeder Hand einen dieser Cylinder umfaßt, und die zugespitzten amalgamirten Enden der Drähte in Quecksilber taucht, oder sie auch nur unter einander nähert, blitzende Funken an ihnen entstehen, und fühlt Erschütterungen, die nicht lange zu ertragen sind, da sie öfters beide Arme bis in die Brust hinein durchzucken. Die Wasserzersetzung geht so lebhaft und reichlich wie von einer wirksamen galvanischen Säule von 50 und mehr Plattenpaaren von Statten. Da sich die Kraft dieser Apparate durch Vergrößerung der Dimensionen und durch zweckmäßige Combination von zwei oder mehren Hufeisen, nur unter Anwendung einer einzigen einfachen Kette von mäßiger Größe, leicht bis zu ungemein hohen Graden steigern läßt, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß sie zur Hervorbringung chemischer Zersetzungs- oder Reductionseffecte dann auch ebenso, wenn nicht noch mehr, geeignet sein wird, als große galvanische Säulen und Trogapparate, und daß eben damit auch die letzteren, bei den Weitläufigkeiten und Kosten, die mit ihrem jedesmaligen Gebrauch verknüpft sind, da, wo es nur auf Darstellung jener Effecte ankommt, mit der Zeit durch diese so viel einfacheren, nur von einem einzigen galvanischen Element abhängigen und ohne Umstände jeden Augenblick sogleich in Wirksamkeit zu versetzenden Apparate entbehrlich gemacht werden möchten.

Daß übrigens in der That bei diesem Apparate ein durch den Magnet erzeugter **secundärer** elektrischer Strom, nicht der ursprüngliche des Elektromotors wirksam auftritt, sieht man daraus, daß durch eine einfache, wenn auch noch so große galvanische Kette Erschütterun-

gen und chemische Wirkungen nicht hervorgebracht werden können. Hierzu gehört stets eine Kette aus vielen Plattenpaaren. Nach Faraday's Ausdruck, wird die Quantität der durch den elektromotorischen Apparat erzeugten Elektricität vermittelst des Magnetes in Intensität verwandelt. Pohl hat später den Mechanismus, durch welchen die Gyrotrope in Bewegung gesetzt werden, bequem abgeändert. *)

Einen Apparat zum Verpuffen entzündlicher Gasarten durch den magnetoelektrischen Funken hat Ritchie angegeben. Dieser Apparat ist ein aufrechter Hufeisenmagnet, von dem der Anker mittelst eines Hebels rasch abgehoben werden kann. Der Anker A B (Fig. 304.) ist nicht hufeisenförmig, sondern gerade, cylindrisch oder prismatisch, und in der Mitte mit einem Kupferstreifen C umwickelt. Die Gänge dieses Streifens sind von einander und von dem Anker durch zwischengelegtes Band getrennt, und die Enden desselben verbunden mit den Dräthen D und E. Ersterer geht in den Glascylinder F, beweglich aber luftdicht schließend, durch dessen Holzdeckel, letzterer in den bis Q mit Quecksilber gefüllten Messingcylinder G. Beide Cylinder sind durch den starken Draht H verbunden, der gleichfalls luftdicht durch den Deckel von F geht, hier nahe an seinem Ende rechtwinklich umgebogen, bei J

*) Statt des bei dem zuerst angefertigten Apparate gebrauchten Getriebes ist bei dem späteren bloß eine Scheibe, welche sich neben der Gyrotropenstange an dem Einen Ende derselben befindet, zu jener Bewegung angewandt worden. Diese Scheibe liegt in einer Ebene, welche durch den Endpunkt der Gyrotropenstange senkrecht gegen diese hindurchgeht. Sie hat in ihrem Umfange vier halbkreisförmig begränzte Vertiefungen, abwechselnd mit eben so viel zwischen ihnen befindlichen gleichen Erhöhungen. An dem Ende der Gyrotropenstange ist ein durch eine Stahlfeder gebildeter Arm befestigt, der mit seinem anderen Ende so gegen den Umfang der Scheibe gerichtet ist, daß er vermöge des Federdruckes in die Vertiefungen eben sowohl eingreift, als er über die Erhöhungen des Scheibenrades hinweggleitet, wenn man die Scheibe um ihre Axe bewegt, und eben damit wird bei einer einmaligen Umdrehung der Scheibe die Stange mit den Gyrotropen acht Mal hinter einander in die erforderliche abwechselnde Lage gebracht. Außerdem daß diese Einrichtung einfacher ist, gewährt sie auch den Vortheil daß das Geräusch welches sonst durch ein anderes Getriebe bei der raschen Bewegung der Gyrotrope bewirkt wird, beträchtlich vermieden ist. Bedeckt man die Stellen, wo die Enden der Gyrotropenbügel aufschlagen, mit Scheiben von Leder, Kork oder dergleichen, welche auf der Oberfläche kleine amalgamirte Metallplättchen tragen die durch etwas Quecksilber am Rande mit der Grundplatte in Verbindung stehen, so ist das Geräusch ganz beseitigt. Noch verdient bemerkt zu werden, daß es vortheilhaft ist, die vier Metallnäpfe der Gyrotrope auf Erhöhungen anzubringen, um den eintauchenden Metallfassungen nur eine möglichst geringe Länge, und damit so wenig Raum und Geschwindigkeit als nur möglich bei ihrer Bewegung zu verstatten, damit das Umherspritzen des Quecksilbers aus den Mittelnäpfen oder die sonst dagegen erforderlichen Vorkehrungen vermieden werden.

breit ausgeschlagen und daselbst, wie die Spitze von D, amalgamirt ist. Wenn der Anker AB auf den Polen des Hufeisenmagnetes ruht, berühren sich die Drähte D und H in J; zieht man ihn aber schnell ab, so trennen sie sich und es erscheint bei J ein Funken; dasselbe geschieht beim raschen Aufsetzen des Ankers (der Anker kann an das kürzere Ende eines Hebels über dem aufrechtstehenden Magnet befestigt sein; an den längeren Hebelarm bringt man die Hand an, um den Anker abzuheben oder aufzusetzen) da dann die Spitze von D auf das breite Ende des Drahtes H stößt. Ist der Cylinder F mit Knallgas gefüllt, so entzündet sich dasselbe durch den Funken. Außerdem hat Ritchie einen Rotationsapparat angegeben, durch welchem ein fast continuirlicher Elektricitätsstrom hervorgerufen wird. In Fig. 305. ist AB ein Bret mit zwei Trägern BC, AD. Oben geht durch diese beiden Träger eine Axe mit zwei auf ihr befestigten Holzschrauben ab, cd, welche vier Cylinder von weichem Eisen halten, von denen zwei bc, ad in dem Durchschnitte des Instrumentes sichtbar sind. Diese Cylinder haben Kupferstreifen rr′, denen ähnlich, wie sie in dem Apparate zum Verpuffen von Gasen mittelst des magnetoelectrischen Funkens angewandt sind. Drähte, welche von den entsprechenden Enden dieser Streifen ausgehen, werden gegen eine wohl amalgamirte Kupferscheibe ef gepreßt. Die andern Enden gehen durch die Axe, sind, wie es die Figur vorstellt, gebogen und gegen einen, beinahe die Form eines Quadranten besitzenden Kupferbogen gh gepreßt. An diesen Bogen und an die Kupferscheibe sind Drähte gelöthet, welche in zwei Näpfe mit Quecksilber herabgehen. Ein Hufeisenmagnet, gleichviel ob permanenter oder temporärer, wird senkrecht auf das Bret gestellt, und zwar so, daß jeder Eisencylinder, beim Umdrehen der horizontalen Axe mittelst der Handhabe, dicht über den Polen dieses Magneten hinweggeht. — Dreht man nun die Axe rasch um, so wird jeder Cylinder während seines Vorüberganges neben den Polen des Magnetes, ein temporärer Magnet, und erregt dadurch in seinem Kupferstreifen einen elektrischen Zustand, der durch einen mit den beiden Näpfchen verbundenen Galvanometer oder auf sonst eine Weise sichtbar zu machen ist. Nach dem Vorübergange neben den Polen, kehrt er rasch in den neutralen Zustand zurück, und würde dadurch in dem Kupferstreifen einen entgegengesetzten elektrischen Zustand hervorbringen, wenn der Draht den Kupferbogen gh nicht zu rechter Zeit verließe. Wenn einer der Drähte den Bogen verläßt, tritt gerade ein anderer auf, so daß, wenn ein Strom zu wirken aufhört, genau ein anderer anfängt. Wir haben demnach eine Reihe Ströme von veränderlicher Natur, die rasch auf einander folgen und alle in gleicher Richtung wirken. Dadurch entsteht ein Strom, der die Galvanometernadel fast stetig abgelenkt erhält, und wie in Faraday's erstem Versuche, einen Draht um einen Magneten zum Rotiren bringt. Durch Vergrößerung des Apparats ließen sich natürlich alle übrigen Rotationen hervorbringen. Befestigt man an einem der Träger, an der Außenseite des zuvor beschriebenen Kupferbogens gh, eine am Rande sägenartig mit Zähnen besetzte Kupferscheibe, läßt die Enden der Drähte auf diesen Zähnen herumgehen, und verbindet diese Scheibe mit derje-

nigen, auf welcher die anderen Enden der Drähte im Kreise herumgeführt werden, so wird man, auf sehr nahe einem Quadranten, eine rasche Folge magnetoelektrischer Funken erhalten. Stellt man vier Magnete den vier Cylindern von weichem Eisen gegenüber auf, so wird fast der ganze Kreisumfang gleichzeitig erleuchtet, und dadurch ein sehr schönes Schauspiel hervorgebracht werden.

Sehr zweckmäßig und elegant ist endlich der von Pixii angegebene Apparat, welcher ebenfalls zum Zwecke hat, mittelst eines beweglichen Magneten eine continuirliche Reihe elektrischer Funken zu geben. Er besteht aus zwei Hufeisen von gleicher Oeffnung. Das eine ist von Stahl und magnetisirt, das andere von weichem Eisen. Das stählerne ist mit seinen Armen nach unten gerichtet, und drehbar um die vertical gestellte Axe seiner Figur. Unter ihm steht das von weichem Eisen fest, mit seinen Armen nach oben gekehrt, und zwar so, daß, wenn das stählerne sich mit ihm in einer Verticalebene befindet, zwischen den Enden der Arme beider Hufeisen nur ein sehr geringer Zwischenraum bleibt. Die Querschnitte sind bei dem stählernen Rechtecke, bei dem von weichem Eisen Kreise, deren Durchmesser der Breite jener Rechtecke gleichkommen. Um die Arme des weichen Eisens ist ein Kupferdraht mehrmals umgewunden, und dieser wird durch vier Kupferscheibchen festgehalten, von denen zwei die kreisrunden Enden jener Arme berühren. Die Enden des Kupferdrahtes führen zu einer Schale mit Quecksilber, und sind in geringer Höhe über der Oberfläche dieses Metalls befestigt. — Wenn nun das magnetische Hufeisen um seine verticale Axe gedreht wird, was mittelst eines Getriebes und konischen Rades durch eine horizontale Kurbel geschieht, so kommen seine Arme bei jedem halben Umlauf dicht über die Arme des weichen Eisens zu stehen, und magnetisiren dieselben, einmal in diesem Sinne und das nächstfolgende Mal im entgegengesetzten Sinne. Derselbe momentane Einfluß theilt sich dem um dieß Eisen gewickelten Kupferdraht mit, und macht, daß an den Enden dieses Drahtes auf der Oberfläche des Quecksilbers, eine Reihe elektrischer Funken entsteht, wenn das durch die Erschütterungen beim Drehen des Magneten in Schwankungen versetzte Quecksilber die Drahtenden berührt und wieder verläßt. Wenn man eins der Enden des um das weiche Eisen gewickelten Kupferdrahts in das Quecksilber taucht, ist der Funke an dem nicht eingetauchten Ende lebhafter. Die successiven Funken sind von entgegengesetzter Elektricität. Der Hufeisenmagnet in diesem Apparate wiegt zwei Kilogrammen und trägt funfzehn. Seine verticale Höhe in der Axe beträgt 21 Centimeter. Die Arme sind im Querschnitt Rechtecke von 10 und 35 Millimeter Seite, und ihr gegenseitiger Abstand an den Enden beträgt 2 Centimeter. Die cylindrischen Enden des weichen Eisens haben denselben Abstand von einander, 15 Millimeter im Durchmesser, und etwa 8 Centimeter in Höhe. Der umgewickelte Kupferdraht ist 50 Meter lang und wiegt ein Viertel-Kilogramme. — Saxton soll eine magnetoelektrische Maschine verfertigt haben, welche insofern alle bisher bekannten übertrifft, als sie selbst Platindraht zum Glühen bringt. Es

rotirt bei derselben nicht der Hufeisenmagnet, sondern der Anker. Näheres über dieselbe ist noch nicht bekannt.

Mittelst eines Pixii'schen Apparates hat Hachette Zersetzung des Wassers bewirkt. Die Enden des um das Hufeisen von weichem Eisen geschlungenen (mit Seide übersponnenen) Kupferdrahtes sind mit zwei anderen Metalldrähten verbunden, welche durch den Boden eines Gefäßes mit Wasser gehen. Jeder dieser letzten Drähte steigt in einem Glasrohre von der Gestalt einer umgekehrten Glocke in die Höhe. Das Wasser in dem Gefäße und in den beiden Röhren bildet nur eine einzige Masse. Während der Stahlmagnet gedreht wird, wirkt er durch Vertheilung magnetisirend auf das weiche Eisen, und erregt einen elektrischen Strom in dem Drahte, an dessen Enden die Wasserzersetzung geschieht. Die beiden Gase, in welche das Wasser zerlegt wird, Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, sammeln sich oberhalb in jeder Röhre. Die Zersetzung des Wassers wird rascher, wenn es mit etwas Schwefelsäure versetzt wird. Auch elektrische Erschütterungen und starkes Auseinandergehen am Goldblattelektrometer wurden mittelst eines Apparates von Pixii erhalten.

Nobili und Antinori haben (wie auch Faraday) die Erscheinungen des Rotationsmagnetismus (s. d. Art. Magnet S. 565. ff.) aus den mittelst eines Magneten erregten elektrischen Strömen abgeleitet, und durch Versuche diese Ableitung bewiesen, indem sie an einer unter einer Magnetnadel befindlichen rotirenden Kupferplatte mittelst eines Multiplicators das Dasein elektrischer Ströme factisch nachwiesen. Diesen Versuchen gemäß, bewirkt ein Magnetstab, der sich in verticaler Stellung über dem Centrum der Metallplatte befindet, keinen elektrischen Strom, wie natürlich ist, weil hier in Wahrheit keine Drehung und kein Entfernen und Annähern an den Magneten stattfindet. Ein außerhalb des Mittelpunktes der rotirenden Platte befindlicher Magnetstab erregt hingegen deutlich bemerkbare elektrische Ströme, und zwar ist die Richtung jener Ströme, welche an den sich dem Magnete nähernden Stellen entstehen, der Richtung derjenigen entgegengesetzt, welche man sich (nach Ampère) im Magnete selbst vorhanden denkt, aber an den sich vom Magnete entfernenden Stellen findet das Gegentheil statt. Demnach herrscht zwischen dem Magnete und den sich ihm nähernden Stellen der rotirenden Scheibe Abstoßung, zwischen ihm, und den sich vom Magnete entfernenden hingegen Anziehung, und von der Resultirenden dieser zwei Kräfte hängt sowohl die tangentielle als die normale Wirkung der Platte, so wie diejenige ab, welche nach der Richtung der Radien erfolgt. (S. d. Art. Magnet S. 566. f.). Befindet sich demnach eine Abweichungsnadel über einer horizontalen rotirenden Kupferscheibe, so suchen die zwei Systeme der elektrischen Strömungen, die an den eintretenden und austretenden Stellen der Platte entstehen, die Nadel nach einerlei Richtung fortzubewegen und darum folgt sie auch der rotirenden Platte. Befindet sich über der Platte blos ein Pol des vertical stehenden Magnetes, so wird dieser von den zwei entgegengesetzten Stromsystemen afficirt, weil aber die Ströme an den eintretenden Stellen dem Pole näher sind als die an den aus-

tretenden, so haben jene das Uebergewicht und der Pol wird abgestoßen. Denkt man sich über einer Stelle der rotirenden Platte den Pol einer Neigungsnadel, die sich nur nach der Richtung eines Radius der Scheibe bewegen kann, und zugleich einen Kreis aus der Stelle der Platte beschrieben, über welcher sich jener Pol als Punkt betrachtet befindet, und welcher die Wirkungssphären dieses Poles vorstellt, so fällt der Erfolg der Wirksamkeit der elektrischen Ströme verschieden aus, je nachdem dieser Kreis ganz in die rotirende Scheibe fällt, oder über dieselbe hinausragt, und je nachdem er den Mittelpunkt dieser Scheibe in sich aufnimmt oder nicht. Fällt dieser Kreis ganz in die Scheibe und liegt der Mittelpunkt der Platte außerhalb desselben, so wird der Pol nach der Richtung des Radius der Scheibe von gleichen entgegengesetzten Kräften afficirt, und die Nadel bleibt in Ruhe; rückt man den Magnetpol näher an den Mittelpunkt der Scheibe, so daß ihr Mittelpunkt innerhalb jenes Wirkungskreises liegt, so erhält wegen des indifferenten Verhaltens des Mittelpunktes, die nach auswärts wirkende Kraft der elektrischen Ströme das Uebergewicht; nähert man aber den Magnetpol dem Rande der Scheibe, so daß sein Wirkungskreis zum Theile über dieselbe hinausfällt, so muß wohl die einwärts wirkende Kraft der elektrischen Ströme die Oberhand gewinnen.

Magnetometer (v. d. griech. μάγνης Magnet, und μέτρον Maß) wird ein Apparat genannt, welcher dazu bestimmt ist, die Kraft eines Magneten zu messen, namentlich die Veränderungen, welche diese Kraft unter gewissen Umständen erleidet. An das Ende einer leichten sehr beweglichen Pendelstange wurde von Saussure eine eiserne Kugel befestigt. Ueber den Aufhängungspunkt hinaus war die Stange bis zum Fünffachen verlängert, und wenn sich das Pendel aus der senkrechten Stellung begab, zeigte die obere Verlängerung an einem Gradbogen die Abweichung von der Senkrechten. So wie ein Magnet der eisernen Kugel genähert wurde, zog er dieselbe an und brachte folglich das Pendel aus der senkrechten Stellung. Durch Versuche überzeugte sich Saussure, daß die eiserne Kugel nach einigen sehr regelmäßigen Schwingungen stets in einer bestimmten Entfernung vom Magnet fest stehen blieb, und daß sie, aus dieser Entfernung durch einen Anstoß herausgebracht, nach einigen neuen Schwingungen mit der größten Genauigkeit wieder auf denselben Punkt zurück ging. Dem Instrumente eine genaue verticale Stellung zu geben, diente eine sehr empfindliche Wasserwage mit einer Luftblase. Der Magnet wurde durch starke Schrauben in jeder beliebigen Entfernung und Lage festgehalten und ein Gehäuse mit Glaswänden schützte das Pendel vor der Bewegung der Luft. Das Instrument zeigte die Veränderlichkeit der magnetischen Kraft an, namentlich beobachtete Saussure an ihm den schwächenden Einfluß der zunehmenden Wärme. So empfindlich zeigte sich das Instrument, daß es einen halben Grad R. Temperaturveränderung anzeigte. Doch machte Saussure an diesem Instrumente auch die Erfahrung, daß die Localitäten von großem Einflusse auf die magnetische Kraft sind, namentlich in der Nähe befindliche Berge. Daher kann

38*

das Instrument dazu dienen, um die Gegenwart solcher Einflüsse zu bemerken, aber da nach unseren jetzigen Kenntnissen diese Einflüsse mehr als Eine bestimmte Ursache haben, so ist das Instrument wenigstens als Messer der Kraft eines Magneten nicht brauchbar. Coulomb hat sich passender der Drehwage bedient (s. d. Art. Magnet) und gegenwärtig möchte als genauester und empfindlichster Magnetometer der Multiplicator anzusehen sein, obgleich er noch nicht in diesem Sinne gebraucht worden. Die Kraft des elektrischen Stromes nämlich, welchen ein Magnet in einem Leitungsdrahte erzeugt, wird dieselbe sein, so lange die Kraft des Magnetes sich nicht geändert hat, und sobald die Erzeugung desselben unter denselben bedingenden Umständen geschieht. Vergl. d. Art. Magnetoelektricität.

Magnium, Magnesium, Talcium ein leichtes Metall, wurde zuerst 1808 von Davy durch galvanische Elektricität wie Barynum u. s. w. dargestellt. Es kommt natürlich als Oxyd mit Wasser, Kohlensäure, Schwefelsäure, Salz- und Salpetersäure, theils im gelösten Zustande, theils fest, mit Kieselerde u. s. w. verbunden in mehren Steinen, Talk, Speckstein u. s. w. vor. Das Magnium ist ein silberweißes, stark glänzendes Metall, weich und hämmerbar, bei nicht hoher Temperatur schmelzbar, in der Rothglühhitze nicht flüchtig und schwerer als Wasser. An der Luft bei gewöhnlicher Temperatur bleibt es fast unverändert, in der Feuchtigkeit aber überzieht es sich mit einem weißen Pulver. Unter Luftzutritt erhitzt, verbrennt es mit sehr glänzendem Lichte unter Funkensprühen (wie Eisen in Sauerstoffgas) zu Magnesia. Diese, auch Bittererde, Magniumoxyd, Talkerde, gebrannte Magnesia (weil sie durch Glühen der kohlensauren Magnesia in bedeckten Gefäßen erhalten wird) genannt, ist ein zartes, sehr lockeres, weißes Pulver von 2,3 spec. Gewicht, geschmacklos, feuerbeständig, und besteht aus gleichen Theilen Magnium und Sauerstoff. — Im Wasser erhitzt sich die Magnesia kaum merklich und 1 Theil Magnesia löst sich nur in 16000 Theilen Wasser. Nach Fyfe löst sie sich in 5000 Theilen kalten, und in 36000 Theilen kochenden Wassers, wonach sie also gleich dem Kalk in kaltem Wasser löslicher als in warmem wäre. Mit dem Wasser gibt sie Magnesiahydrat, ein weißes Pulver oder eine durchscheinende, lose zusammenbackende Masse. Das natürlich vorkommende Magnesiahydrat ist eine weiche, weiße, durchscheinende, perlmutterglänzende, blätterige Masse von 2,35 spec. Gewicht. Noch unter der Glühhitze läßt es das Wasser fahren. — Mit Säuren gibt die Magnesia die Magnesiasalze, welche nur zum Theil in Wasser löslich und von bitterem Geschmack sind. — Die salpetersaure Magnesia (Magnium und Stickstoff) kommt in Salpeterplantagen vor, (krystallisirt in Verbindung mit Wasser in rhombischen Säulen oder Nadeln, schmeckt sehr bitter, zerfließt schnell an der Luft und ist auch in Alkohol löslich) und wird mit anderen salpetersauren Salzen zur Gewinnung des Salpeters benutzt. — Das Chlormagnium ist eine weiße, krystallinische, glimmerähnliche, in der Rothglühhitze schmelzbare Masse, die an der

Luft schnell zerfließt und sich in Wasser unter Erhitzung als salzsaure Magnesia löst. Diese kommt im Meerwasser und in manchen Salzsoolen vor, und ist ein schwierig in Nadeln krystallisirendes bitterschmeckendes Salz, welches in Wasser und Weingeist leicht löslich ist. Die chlorichtsaure Magnesia ist ein weißes Pulver oder eine gelbliche Flüssigkeit von schrumpfend bitterem Geschmacke, welche die Pflanzenfarben zerstört und daher in Cattundruckereien zum Bleichen der Baumwollenzeuge benutzt wird. — Das Schefelmagnium ist eine graue oder weiße, zerreibliche Masse, die sich im Wasser theilweise löst. — Die schwefelsaure Magnesia (Bittersalz, Seidlitzer-, Saidschützer-, Ebsamer-Salz, Englisches Salz) wurde von Grew 1694 entdeckt, und findet sich in mehren Quellen (Bitterquellen), wie in Seidlitz, Saidschütz, Ebsam u. a., macht einen Bestandtheil des Meerwassers und vieler Soolen aus, und wittert an verschiedenen Orten aus der Erde und aus Felsen. Wenn man geglühte Magnesia mit rauchender Schwefelsäure mischt, so vereinigen sie sich unter Erglühen. Die schwefelsaure Magnesia krystallisirt in farblos durchsichtigen, geraden rhombischen Säulen, hat einen kühlenden, bitteren, schwach salzigen Geschmack, zerfällt langsam an der Luft, schmilzt in gelinder Wärme in seinem Krystallisationswasser und läßt es fahren. In starker Rothglühhitze kommt das wasserleere Salz wieder in Fluß, ohne zerlegt zu werden. Es ist leicht löslich in Wasser, so daß 100 Th. Wasser bei 0° R. 25,76 Th. wasserleere, schwefelsaure Magnesia, und für jeden Grad Temperaturerhöhung 0,598 mehr aufnehmen. Krystallisirtes Salz löst sich fast noch einmal so viel im Wasser. Die im Handel vorkommende salzsaure Magnesia ist nicht ungestört krystallisirt und erscheint daher in kleinen spießigen Krystallen, und wird meistens feucht wegen anhängender salzsaurer Magnesia. Dieß Salz wird in der Medicin als Laxirmittel angewendet. Die Bitterwasser werden als gelind eröffnende Mittel getrunken. Man erhält nach Döbereiner künstliches Bitterwasser durch Lösen von 275 Gran schwefelsaurer und 5 Gran kohlensaurer Magnesia in 16 Unzen kohlensaurem oder Selterswasser und schnelles Durchseihen der Flüssigkeit durch Leinwand. — Wenn man ein Gemenge von Phosphor und gebrannter Magnesia in einem verschlossenen Glase bei 230° R. schüttelt, so entsteht ein gelblichweißes Pulver, welches sich bei Berührung mit der Luft von selbst entzündet und daher zu Phosphorfeuerzeugen benutzt wird. — Die kohlensaure Magnesia (kohlensaure Talkerde, weiße Magnesia) wurde im Anfange des 18. Jahrhunderts entdeckt und zu Rom als Geheimmittel unter dem Namen Pulver des Grafen Palm verkauft. Natürlich kommt sie als Magnesit vor. Man unterscheidet leichte lockere und schwere sandartige kohlensaure Magnesia. Jene ist ein sehr zartes, lockeres, blendendweißes Pulver oder eine lose zusammenhängende Masse, diese ein sandiges, rauhes Pulver. Beide sind geschmacklos und schwerlöslich in Wasser, leichter in kohlensaurem Wasser. Man gibt die kohlensaure Magnesia in der Medicin. — Die boraxsaure Magnesia kommt natürlich vor als Boraçit; die kieselsaure Magne-

sia als Chrysolith, Serpentin, Meerschaum, Speckstein, Talk u. a.; der kohlensaure Bittererde-Kalk als Dolomit, Bitterspath, Braunspath. Das kohlensaure Magnesia-Kali bildet sich in der Mutterlauge einiger Soolen, und wird als Bitersalz in einigen Salinen verkauft.

Mangan, Braunsteinmetall, Braunsteinkönig ist ein schweres unedles Metall, welches 1770 von Kaim und Winterl, später von Scheele und Bergmann als eigenthümlich erkannt und zuerst von Gahn regulinisch dargestellt wurde. Es kommt namentlich im Mineralreiche häufig vor, aber auch in dem Thier- und Pflanzenreiche. Das regulinische Mangan ist grauweiß, nicht stark metallglänzend, weich und spröde, von feinkörnigem oder blätterigem Gefüge, hat ein spec. Gewicht = 8,013, ist sehr strengflüssig, feuerbeständig, und gar nicht oder nur sehr schwach magnetisch. Den Sauerstoff zieht es bei gewöhnlicher Temperatur aus der Luft an und in Wasser geworfen oxydirt es und macht Wasserstoffgas frei. Durch Säuren wird es leicht aufgelöst. Man kennt bis jetzt 6 verschiedene Oxydationsstufen des Mangans. Das Manganoxydul ist ein weißgraues, ins Grünliche gehendes, oder hellgrünes geschmackloses Pulver. An der Luft zieht es zum Theil bei gewöhnlicher Temperatur Sauerstoff an, läßt sich mit einer glühenden Kohle entzünden und brennt dann wie Zunder für sich fort zu braunrothem Oxyd. Das Hydrat desselben (Verbindung mit Wasser) ist ein weißes Pulver, welches an der Luft bald braun wird. Die Manganoxydulsalze, die es mit Säuren bildet, sind nur zum Theil in Wasser löslich, farblos oder weiß, oft durch Beimischung von braunrothem Oxyd blaßrosenroth gefärbt. — Das Manganoxyd (rothes Manganoxyd, Manganoxyduloxyd) kommt natürlich als Schwarzmangan, Hausmannit vor, und krystallisirt dann zum Theil in quadratischen Oktaëdern, ist eisenschwarz, wenig glänzend und hat ein spec. Gewicht = 4,72, ist ziemlich hart und gibt ein rothbraunes Pulver. Das künstliche ist ein braunrothes Pulver. Mit Wasser bildet es ein braunes Hydrat, das natürlich als Wad (unrein) vorkommt, gibt mit Säuren braunrothe oder violettrothe, leicht zerlegbare Verbindungen, und ertheilt dem Glase, wenn es damit geschmolzen wird, eine violettrothe Farbe. — Das Manganhyperoxydul (Mangansuperoxyd, Braunstein, graues Braunsteinerz, Weichmangan zum Theil, Pyrolusit) kommt häufig im Mineralreiche vor (wurde früher für ein Eisenerz gehalten), krystallisirt in geraden rhombischen Säulen und deren Abänderungen; kommt außerdem häufig in zusammengehäuften nadelförmigen Krystallen, krystallinischen Massen u. s. w. vor, ist von dunkelstahlgrauer Farbe und schwachem Metallglanz, weicher als das Manganhyperoxydulhydrat, färbt stark ab und liefert ein graulich schwarzes Pulver, hat ein spec. Gewicht = 4,3 bis 4,8, ist geschmacklos, unlöslich in Wasser, Säuren und Alkalien, in so fern es nicht zerlegt wird. Setzt man es der Glühhitze aus, so läßt es Sauerstoff fahren und verwandelt sich in Hyperoxydul oder Oxyd. Mit Vitriolöl erhitzt gibt es gleichfalls Sauerstoff und verwandelt sich in schwefelsaures Manganoxydul. Mit Salzsäure entwickelt es Chlor. Man

benutzt den Braunstein zu Gewinnung des Sauerstoffgases, des Chlors, der chlorichtsauren Salze, der Salznaphta. Beim Glasmachen wird er zum Reinigen und Entfärben, so wie auch zum Violett-, Braun- und Schwarzfärben des Glases benutzt; ferner bedient man sich desselben zum Färben und Marmoriren mancher Seifen, und als Zuschlag beim Stabeisen- und Stahlbereiten. Das Manganhyperoxydhydrat (Braunstein und Wasser) ist entweder ein dunkelbraunes, lockeres, aus glänzenden Blättchen bestehendes Pulver oder eine schwarzbraune, zusammenhängende Masse. — Die Mangansäure kennt man im reinen Zustande nicht. Mit Kali verbunden im unreinen Zustande ist sie das mineralische Chamäleon, eine dunkel schmutzig grüne, stark alkalische Masse, die an der Luft feucht wird und im Wasser leicht mit saftgrüner, bald violett werdender Farbe löslich ist. Das reine mangansaure Kali gibt prächtig grüngefärbte Krystalle, welche mit dem einfach schwefelsauren Kali isomorph (s. d. Art. Krystall S. 258.) sind. Es ist sehr leicht zersetzbar (von fast allen organischen Substanzen). Wenn man das Salz in Aetzkalilauge löst, so bleibt die Lösung grün, und durch Verdampfen unter der Luftpumpe erhält man es unverändert wieder. Wird es aber in Wasser gelöst, so verändert sich die Farbe schnell in tief Violettroth und es lagert sich ein braunes Pulver ab. Dabei wird die Mangansäure zerlegt und man erhält eine noch höhere Oxydationsstufe: die oxydirte Mangansäure oder Uebermangansäure, welche mit Alkalien rothe Verbindungen eingeht und ein Theil fällt als Manganhyperoxydhydrat zu Boden. Dieselbe Veränderung erleidet die grüne noch Aetzkali haltende Lösung an der Luft, indem sie Kohlensäure anzieht und oxydirte Mangansäure unter Ablagerung von Manganhyperoxydhydrat sich bildet. Andere stärkere Säuren verwandeln die grüne Lösung ebenfalls schnell in roth. Die Uebermangansäure krystallisirt in dunkelrothen Nadeln, oder bildet eine dunkelrothe feste Masse von anfangs süßem, dann bitterem und herbem Geschmacke. Sie färbt die Haut braun und ist etwas löslich in Wasser. Auch bei sehr wenig Säure ist die Lösung stark roth gefärbt. Durch Hitze und sehr viele desoxydirende Substanzen wird sie sehr leicht zerlegt. Mit den Alkalien und den schweren Metalloxyden bildet die Mangansäure und die Uebermangansäure Salze. Die meisten oxydirt mangansauren Salze sind leicht löslich in Wasser, bis auf das Silbersalz. Des mineralischen Chamäleons bedient man sich zum Entfuseln des Brantweines. — Das einfach Chlormangan (Manganchlorür) ist eine rosenrothe, krystallinische, in der Rothglühhitze schmelzbare, nicht flüchtige Masse, wird an der Luft erhitzt, partiell zerlegt, zerfließt an der Luft und löst sich als salzsaures Manganoxydul (wäßriges Manganchlorür). Es krystallisirt schwierig in blaßrothen an der Luft zerfließenden Tafeln, auch in großen dicken vierseitigen Säulen; ist auch in Weingeist leicht löslich, die Lösung brennt, angezündet, mit rother funkelnder Flamme. — Das Schwefelmangan kommt in der Natur als Manganglanz oder Manganblende vor, in schwarzgrauen Würfeln krystallisirt; das künstliche ist ein schwarzgrünes Pulver. Das schwefelsaure Manganoxydul ist ein im reinsten Zu-

stande farbloses, häufig jedoch rosenrothes Salz, welches in geschobenen vierseitigen Säulen u. s. w. krystallisirt, an der Luft verwittert, in Wasser leicht, in Weingeist nicht löslich ist. — Mangan und Kohlenstoff kommen zuweilen im Graphit mit einander verbunden. Das kohlensaure Manganoxydul kommt natürlich als Rothmanganerz vor, zum Theil in rosenrothen Rhomboëdern krystallisirt. Das künstliche ist ein weißes, geschmackloses, im Wasser unlösliches Pulver, welches an der Luft etwas röthlich und bräunlich wird. Beim Glühen läßt es seine Säure fahren, und es bleibt bei Ausschluß der Luft Oxydul, bei Zutritt derselben rothes Oxyd zurück.

Manometer (v. d. griech. μανός dünn und μέτρον Maß), Dichtigkeitsmesser heißen verschiedene Instrumente, welche bestimmt sind, die Dichte der Luft an ihnen zu beobachten. Die Luft verändert sich in ihrer Dichte sowohl durch die Wärme als durch den Druck; da nun die Wärme der Luft durch das Thermometer, der Druck derselben durch das Barometer angezeigt wird, so kann man aus Thermometer- und Barometerbeobachtung die Dichte derselben berechnen, indem die Gesetze, nach welchen jene Veränderung der Dichte vorgeht, bekannt sind; das Manometer dient aber zur unmittelbaren Beobachtung der Dichte. Ist diese bekannt und der Druck (Barometerstand) ebenfalls, so kann man die Temperatur berechnen; ist die Dichte und die Wärme (Thermometerstand) gegeben, so läßt sich der Druck berechnen. Da nun aus dem Barometerstande die Höhen berechnet werden (s. d. Art. Höhenmessung, barometrische), so kann man sich auch des Manometers zur Höhenberechnung bedienen, wenn es übrigens eine hierzu geeignete Einrichtung hat.

Das gemeine Manometer besteht aus einer wohl calibrirten oder in gleiche Raumtheile getheilten offenen Glasröhre, an deren einem Ende eine hinreichend große Kugel angeblasen ist, deren Capacität man kennt. Die Kugel und der untere Theil der Röhre enthalten trockene atmosphärische Luft, und diese ist von der äußeren Luft durch eine leicht verschiebbare etwa 1 L. lange Quecksilbersäule abgesperrt. Die eingeschlossene Luft steht immer, besonders wenn die Röhre eine horizontale Lage hat, mit der äußeren Luft im Gleichgewichte und sowohl eine Aenderung im Luftdrucke als in der Temperatur bringt eine Aenderung im Volumen dieser Luft, mithin auch in ihrer Dichte hervor. Als Einheit muß man die Dichte der Luft bei einem bestimmten Barometerstande und Thermometerstande annehmen, z. B. bei 0,76 M. Luftdruck und 0° C. Temperatur. Die Röhre des Instruments wird nun mit einer Scale versehen, an welcher man die Veränderungen im Volumen ablöst. Nennen wir also die Dichte beim Volumen $= v$, welches die Luft bei 0° C. Temperatur und 0,76 M. Luftdruck einnimmt $= 1$, so wissen wir (weil sich die Dichtigkeiten umgekehrt wie die Volumina bei gleichbleibender Masse verhalten), es verhält sich die Dichte d beim beobachteten Volumen V

$$d : 1 = v : V \text{ d. h. } d = \frac{v}{V}.$$

Ein anderes Manometer, auch Dasymeter (v. d. griech. δασύς dicht) genannt, ist das von Guerike und später von Boyle angegebene (der es Baroskop v. d. griech. βαρύς schwer und σκοπή die Schau nannte) Instrument, dessen Theorie im Art. Luftpumpe S. 482. näher erklärt worden. Man läßt eine halbe kupferne Kugel, welche wenigstens 1 Fuß im Durchmesser hat, verfertigen, pumpt alsdann aus selbiger die Luft und verkittet sie fest. Hiernächst bringt man sie an den einen Arm einer empfindlichen Wage, und setzt sie mit einem Gegengewicht ins Gleichgewicht. Wird nun die Luft dünner als sie vorher war, so trägt sie einen kleinern Theil vom Gewichte der Kugel als vorher; daher gibt die Kugel den Ausschlag. Wird aber die Luft dichter als sie vorher war, so trägt sie einen größern Theil vom Gewichte der Kugel und das Gegengewicht gibt den Ausschlag. Das Gegengewicht muß so klein sein als sich thun läßt, weil die Luft ebenfalls einen Theil desselben trägt, welcher desto kleiner ist, je weniger Raum es einnimmt. Wäre es eben so groß als die Kugel, so würde die Wage sich gar nicht ändern, wenn sich gleich die Dichtigkeit der Luft änderte. Um nun zu erfahren, wie viel die Vermehrung oder Verminderung der Dichtigkeit der Luft in dem einen oder dem andern Falle jedesmal beträgt, kann man entweder durch zugelegte Gewichte das Gleichgewicht der Wage wieder herstellen, oder man macht die Einrichtung auf folgende Art: man bringt oben an der Scheere worin die Zunge der Wage spielt, einen Kreisbogen an, dessen Mittelpunkt in den Bewegungspunkt des Wagebalkens fällt, so daß die Zunge selbst einen beweglichen Halbmesser desselben abgibt. Ist nun dieser Bogen gehörig in seine Grade und Minuten abgetheilt, so daß der Anfang der Abtheilungen zu beiden Seiten in die Verticallinie fällt, so zeigt die Spitze der Zunge jedesmal die Größe des Winkels, um welchen die Zunge von der Verticallinie abweicht. Die Abtheilungen werden am besten durch Versuche bestimmt, wenn man ein Gewicht auf der einen oder andern Seite zulegt. Man legt nämlich auf die Kugel einen Gran, oder ein noch kleineres Gewicht, wenn die Wage empfindlich genug ist, und bemerkt an dem Bogen den Punkt, worauf die Zunge weiset. Auf solche Art legt man immer mehr solcher kleinen Gewichte hinzu, und bemerkt jedesmal, wie weit die Zunge abweicht, bis der größte Ausschlag erfolgt, welcher muthmaßlich stattfinden kann.

Gerstner hat sich eines Manometers, welches er Luftwage nennt, zu barometrischen Höhenmessungen bedient. Diese Luftwage gibt das Gewicht eines Cubikzolles Luft in derjenigen Schichte unmittelbar an, in welcher sie aufgestellt ist. An dem einen Ende eines gleicharmigen und in gleiche Theile abgetheilten Hebels (Fig. 306.) oder Wagebalkens abc hängt eine leichte hermetisch verschlossene Glasflasche, und an dem andern ein metallenes Gegengewicht. Die körperlichen Inhalte beider werden durch hydrostatische Versuche genau bestimmt. Der Unterschied beider körperlichen Räume sei = D. Um die Wage bei veränderter Dichtigkeit der Luft ins Gleichgewicht zu bringen, dient das Laufgewicht l, welches einige Grane zu wiegen braucht. Die Wage selbst ist aus gutem trockenen Holze gemacht, und mit einem Sigellack=

firnisse überzogen. Vermittelst der Wasserwage d e wird dieses Instrument in wagerechten Stand gebracht. Zwei Ringe d und e halten diese Wasserwage über der Axe des Instrumentes, so daß das Laufgewicht l ungehindert darunter weggeschoben werden kann. Wenn diese Luftwage zu Beobachtungen in der freien Luft gebraucht wird, so stellt man sie in ein geräumiges hölzernes Gehäuse, dessen beide Wände vor jeder Beobachtung eine lange Zeit offen stehen, bei der Beobachtung selbst aber verschlossen werden, um die Wirkung des Windes und die natürliche Wärme des Beobachters abzuhalten. Eine jede Abwägung wird jederzeit noch einmal wiederholt, und dabei Flasche und Gegengewicht verwechselt. Finden sich alsdann hierbei die Entfernungen des Laufgewichts b l und a m ungleich groß, so wird zwischen beiden das arithmetische Mittel genommen.*)

Ein neues Instrument zur Beobachtung der Dichte der Luft hat Prechtl unter dem Namen eines Baroskops angegeben, welches auf demselben Principe wie das gemeine Manometer beruht. Dieses besteht aus einem gläsernen Cylinder (Fig. 307.) a b, an dessen Seite sich ein mit einem cylindrischen Gefäße versehenes, sehr empfindliches Thermometer befindet. Der gläserne Cylinder ist in b verschlossen, und läuft in a in eine engere (0,1 Z. weite) Röhre aus, die mittelst eines Hahnes verschlossen werden kann. Der Cylinder enthält trockene Luft, und diese ist durch die Quecksilbersäule c d gesperrt. Das Ganze ruht

*) Den Werth der Abtheilungen des Wagebalkens bestimmt Gerstner so, daß er zunächst das Gewicht eines Cubikzolles von dem Quecksilber sucht, mit welchem sein Barometer gefüllt ist. Es sei $= q$. Hierauf mißt er eine mäßige Höhe (von 100 bis 400 Klaftern) und beobachtet einige Male sowohl am obern als am untern Grenzpunkte derselben die Barometerhöhe und den Stand des Laufgewichts auf der Luftwage mit größter Genauigkeit. Man setze nun, die mittlere Entfernung des Laufgewichtes vom Gegengewichte an beiden Standorten sei $= e$, die gemessene Höhe $= x$, die Barometerhöhe am unteren Standorte $= b$, am oberen $= B$, so ist das mittlere Gewicht eines Cubikzolles Luft $= \frac{b - B}{x} q$. Man setze nun ferner, bei einem andern Zustande der Luft sei der Abstand des Laufgewichtes vom Gegengewichte $= a$, und die Länge eines Armes der Wage bedeute $= l$, das absolute Gewicht des Laufgewichtes $= p$, so muß jetzt die Luft in dem Raume D um $\frac{a - e}{l} p$ mehr wiegen und das Gewicht eines Cubikzolles Luft $= g$ um $\frac{a - e}{l} \cdot \frac{p}{D}$ größer sein; mithin ist $g = \frac{b - B}{x} q + \frac{a - e}{l} \cdot \frac{p}{D}$. Aus dieser Formel kann man eine Tabelle verfertigen, welche das Gewicht der Luft für jeden Stand der Luftwage oder für jedes a angibt. Bei Gerstners Luftwage war

$D = 22{,}05$ Cubikzoll	$e = 42\frac{2}{7}$ Linien
$q = 4195\frac{1}{2}$ Gran	$x = 350\frac{1}{2}$ Klafter
$p = 5\frac{1}{3}$ Gran	$l = 192$ Linien.

auf einem Bretchen, das sich mittelst Libellen in die horizontale Lage bringen läßt. Auf der Glasröhre ist die Scale angebracht, die unmittelbar das Volumen der eingeschlossenen Luft angibt, von dem man auf ihre Dichte schließen kann. Prechtl benutzt dieses Instrument zu Höhenmessungen statt eines Barometers, indem er das Luftvolumen durch Rechnung auf die Normaltemperatur zurückführt, und aus der Größe dieses so reducirten Volumens den herrschenden Luftdruck abnimmt.

Mars (v. d. röm. Kriegsgotte Mars) heißt der vierte Planet von der Sonne, der nächste hinter der Erde, der erste und uns nächste folglich unter den oberen Planeten, zeichnet sich am Himmel durch sein rothes Licht aus und wird mit dem Zeichen ♂ bezeichnet, wodurch Schild und Pfeil als Attribute des Kriegsgottes vorgestellt sind. Die Bahn des Mars umfaßt die der Erde (ist größer), und daher kann derselbe zu allen Zeiten der Nacht und an allen Orten des Himmels erscheinen, nicht wie Merkur und Venus nur in der Morgen- und Abenddämmerung (in der Nähe der Sonne). Die mittlere Entfernung desselben von der Sonne ist 30692500 Meilen, welche aber bis 33551000 zunehmen und bis 27834000 abnehmen kann. Die Excentricität seiner Bahn beträgt folglich 2858500 Meilen. Die Länge seiner Bahn ist fast 193 Millionen Meilen, welche er in 686 Tagen 23 Stunden 31 Minuten zurücklegt. Die Ebene der Marsbahn schneidet die Ekliptik unter einem Winkel von nur 1° 51′ und in den Punkten der Länge von 48 und 228 Graden. Die Entfernung dieses Planeten von der Erde ist sehr veränderlich zwischen $7\frac{1}{3}$ und 54 Millionen Meilen, demgemäß sein scheinbarer Durchmesser zwischen 3″ 4 bis 27″ 2 wechselt. Er hat einen wirklichen Durchmesser von 963 Meilen, so daß derselbe also nur 0,55 von dem der Erde ist, und seine Oberfläche 0,3, sein körperlicher Inhalt nur 0,2 von dem der Erde ist. Die Masse des Mars soll nur den 2546300ten Theil der Sonnenmasse und den 0,1324ten der Erdmasse betragen. Hiernach hätte er eine 3mal größere Dichte als die Sonne und 0,74 der Dichte der Erde. Die Fallgeschwindigkeit der Körper auf seiner Oberfläche wäre in der ersten Secunde 6,3 par. Fuß. Da der Mars weiter als die Erde von der Sonne entfernt ist, so können wir ihn niemals wie Merkur und Venus vor der Sonne vorbei gehen sehen. Seine Nähe an der Erde gestattet (welches bei keinem der übrigen oberen Planeten der Fall ist) eine Wahrnehmung der Pha-

---

$$b - B = 24{,}6 \text{ Linien} = \frac{41}{1440} \text{ Klaftern},$$

$$\text{mithin } g = \frac{41}{1440 .\ 350\frac{1}{2}} \cdot 4195\frac{1}{4} + \frac{a - 42\frac{2}{3}}{192} \cdot \frac{5\frac{1}{2}}{22{,}05} =$$

$$0{,}287 + \frac{a}{794};$$

woraus man die Werthe von g findet, wenn man für a nach und nach alle Zahlen von 0 bis 384 (für einen Wagebalken von 384 Linien) setzt.

sen (Ab= und Zunahme), welche jedoch niemals so hervortreten, daß er sichelförmig erscheint. Seine Phase ist am kleinsten, wenn er 90° von der Sonne entfernt ist, also beim Auf= oder Untergange der Sonne durch den Meridian geht; er hat dann ungefähr die Gestalt, wie der Mond drei Tage vor oder nach dem Vollmonde. Das Licht, welches ein Planet von der Sonne erhält, ist dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportionirt (s. d. Art. Licht, S. 355.). Hiernach ist das Licht auf dem Mars nahe zweimal schwächer als auf der Erde. Das Licht, welches vom Mars auf die Erde kommt, ist mehr als 30000 Mal schwächer als das Mondlicht, 9000 Millionen Mal schwächer als das Sonnenlicht. Man hat mit Hilfe guter Fernröhre auf dem Mars mehre dunkle Flecken bemerkt, von denen einige ganz unregelmäßig veränderlich erscheinen, andere jedoch sehr regelmäßig verschwinden und wiederkehren. Aus diesen letzten Flecken hat man denn, als auf den Grund ihres Erscheinens und Verschwindens, auf die Axenumdrehung des Mars geschlossen. Er dreht sich hiernach von Westen nach Osten in 24 Stunden 39 Min. 22 Sec. um eine Axe, welche gegen die Axe seiner Bahn in einem Winkel von 28° 42′ geneigt ist. Der Tag des Mars ist also nur um wenig größer als der Tag der Erde. Auch die Abplattung des Mars an seinen Polen ist beobachtet und berechnet worden, und beträgt nach Herschel $\frac{1}{16}$ seines Durchmessers. Da die veränderlichen Flecken des Mars oft im Laufe weniger Stunden entstehen und vergehen, Gestalt, Größe und Farbe ändern, so ist wahrscheinlich, daß sie in der Atmosphäre des Mars erzeugte wolkenähnliche Gegenstände sind. Nach Schröters Beobachtungen ist die Geschwindigkeit mit welcher sie über die Oberfläche des Planeten hinziehen 30, 50 ja selbst 90 F. in der Secunde. Da diese Flecken ferner sehr häufig gesehen werden, so schließt man hieraus, daß die Atmosphäre des Mars sehr bedeutenden Witterungsveränderungen ausgesetzt sein müsse. Unter den Marsflecken sind besonders ausgezeichnet zwei blendendweiße von kreisförmiger Gestalt, welche die beiden Pole des Planeten umgeben. Sie erscheinen wechselsweise und zwar jeder zu der Zeit am hellsten und größten, wenn sein Pol auf der Schattenseite des Planeten liegt, also eben Winter hat; so ist es sehr wahrscheinlich, daß sie Eisflecken sind, welche so wie auf der Erde die Pole des Mars umgeben. Die Schiefe der Ekliptik (die Neigung von 28° 42′ seines Aequators gegen seine Bahn) ist auf dem Mars bedeutender als auf der Erde. Da die Schiefe der Ekliptik die Ursache der Veränderung der Jahreszeiten ist, so folgt hieraus, daß auf dem Mars die Jahreszeiten eine stärkere Verschiedenheit gegen einander haben müssen als bei uns. Dazu kommt noch die beinahe doppelt so große Länge des Jahres und folglich auch der 4 Jahreszeiten als bei uns. Wir bemerken, daß die Polarflecken am Ende ihres sechsmonatlichen Winters schnell abnehmen und in ihrem Sommer fast ganz verschwinden, während daß die Pole der Erde von ewigem Eise bedeckt sind. Hiervon ist offenbar nur der bedeutendere Temperatur= und Längenunterschied der Jahreszeiten die Ursache. Indeß können wir aus jener Beobachtung noch eine andere interessante Folgerung machen. Wenn nämlich im Allgemeinen die Son=

nenstrahlen selbst die unmittelbare Ursache der Wärme der Planeten wären, so daß die Wärme wie die Beleuchtung sich verhielte, so würde sich die Kälte auf dem Mars zu der auf der Erde wie die Quadrate ihrer Entfernungen von der Sonne verhalten, und jene würde daher $2\frac{3}{10}$ mal größer als diese sein, so daß das völlige Verschwinden der Eisfelder unter dieser Voraussetzung unerklärbar wäre. Die Sonnenstrahlen entwickeln also wohl nur die latente (verborgene) Wärme der Körper, welche sie treffen, und so müssen wir annehmen, daß die Oberfläche des Mars zur Wärmeentwickelung geschickter als die der Erde sei.*) Der Mars ist endlich noch dadurch merkwürdig, daß die beiden großen Astronomen Tycho de Brahe und Kepler, der erste durch anhaltende und genaue Beobachtungen dieses Planeten, der zweite durch geistvolle, tiefgedankenreiche Benutzung und Fortsetzung jener Beobachtungen, zur Umgestaltung der Astronomie in ihrer jetzigen Höhe beigetragen, ja dieselbe begründet haben. Kepler war es, der nach diesen Forschungen die ewig denkwürdigen Gesetze aussprach, welche unter seinem Namen bekannt sind. — Vergl. d. Art. **Planet, Centralbewegung** u. s. w.

Maschine (v. d. griech. μηχανή Werkzeug) heißt jedes Werkzeug, durch welches bei in Thätigkeitsetzung gewisser Kräfte bestimmte Wirkungen hervorgebracht werden. Die Maschinen haben theils den Zweck die Wirksamkeit der in Thätigkeit gesetzten Kräfte zu erhöhen (wie der Hebel und alle auf ihm beruhende Maschinen), theils der Kraft eine gewisse Verwendung zu geben (z. B. Meisel, Scheere, Zange u. s. w.), theils Kräfte in Wirksamkeit zu setzen, die ohne sie nicht angewendet werden könnten (die Wasserpresse, Mühle, Dampfmaschine u. s. w.). Auch dienen namentlich in der Physik eine Menge von Maschinen nur um gewisse Erscheinungen in einer die Beobachtung leicht zulassenden Weise mit Leichtigkeit hervorzubringen (Elektrisirmaschine, Luftpumpe u. s. w.) oder fortgesetzte Beobachtungen über die Veränderung in der Intensität ununterbrochen wirkender Kräfte anzustellen (Compaß, Barometer, Thermometer u. s. w.). Doch erhalten diese Werkzeuge passender den Namen von Apparaten, indem es bei der Maschine nicht um Beobachtungen, sondern um die Resultate der Wirkung selbst, um ihres materiellen Nutzens willen zu thun ist. Einige Maschinen zeichnen sich dadurch aus, daß sie in derselben Zeit vielfach dieselbe Arbeit verrichten können, und noch dazu die kunstreichsten Arbeiten, welche ein Mensch zu Stande zu bringen im Stande wäre (s. d. i. Folg. zu erwähnende Stickmaschine und Rechnenmaschine),

*) Hierbei ist nur die allerdings sehr mißliche Voraussetzung gemacht, daß die Eisbildung auf dem Mars auf gleiche Weise wie auf der Erde geschehe; daß der Mars eine nur weiter hinausgerückte Erde sei, obschon auch dieß wieder durch die Folgerung von verschiedener Wärmeentwickelung aufgehoben wird.

andere dadurch, daß sie die gewaltigsten Kräfte in Anwendung bringen (so daß z. B. Dampfmaschinen mit einer Kraft von 200 Pferden arbeiten). *)

Man unterscheidet einfache und zusammengesetzte Maschinen. Der einfachen Maschinen rechnet man gewöhnlich sechs: der Hebel, die Rolle, das Rad an der Welle, die schiefe Ebene, der Keil und die Schraube, welche sich wieder auf Hebel und schiefe Ebene zurückführen lassen. (S. d. besondern Artikel). Der zusammengesetzten Maschinen gibt es eine unbestimmbare Anzahl. Bei ihnen sind die einfachen Maschinen so zusammengesetzt, daß sie in ihrer Wirksamkeit einander unterstützen, und gemeinschaftlich die geforderte Arbeit der Maschine vollbringen. Eine Maschine ist übrigens um so vollkommener, je einfacher sie ist, d. h. je weniger einzelne Theile sie hat und je fester und dauerhafter diese daher sind. Die Aufgabe welche die Maschine zu lösen hat, bedingt jedoch nothwendig die größere oder geringere Einfachheit, die man ihr zu geben im Stande ist. Die Beschreibung der einzelnen Maschinen nach ihren technischen Zwecken gehört nicht in das Gebiet der Physik, sondern ist specieller Gegenstand der praktischen Mechanik und Technologie. Ein gründliches und ausführliches Werk über Maschinenkunde wird von Prechtl herausgegeben.**) Um indeß einen Begriff zu geben, wie weit man (nament-

*) Biot bemerkt: Der Zweck, den die Maschinen im Allgemeinen haben, ist einer gewissen Kraft über die man zu gebieten hat, und die man in diesem Falle schlechthin Kraft zu nennen pflegt, eine solche Anwendung zu geben, daß dadurch einer andern Kraft, über die man nicht Herr ist, und welche deßhalb bei den Maschinen den Namen Widerstand (in vielen Fällen auch Last) erhält, das Gleichgewicht gehalten oder auch dieselbe überwunden wird. Man vermittelt das Gegenstreben beider, indem man ihre Wirkung durch feste, flüssige oder gasförmige Stoffe, welche in die Zusammensetzung der Maschine eingehn, hindurch fortpflanzt. Der wesentliche Kunstgriff, auf welchen es hierbei ankommt, beruht darauf, das zu besiegende Bestreben der Last oder des Widerstandes so zu zerlegen, daß ein mehr oder weniger beträchtlicher Theil seiner Wirkung durch Stützung auf einen oder mehrer feste, zum Apparat gehörende, Punkte aufgehoben werde. Denn dann hat man bloß noch den nicht auf solche Weise aufgehobenen Theil dieser Wirkung zu besiegen, was sich durch weniger Kraft bewerkstelligen läßt, als wenn es gegolten hätte, unmittelbar gegen den ganzen Widerstand zu wirken. Was man Berechnung einer Maschine nennt, besteht darin, die Verhältnisse auszumitteln, welche zwischen der Kraft und dem Widerstand, bei gleichzeitiger Anbringung derselben, stattfinden müssen, damit sie sich wechselseitig im Gleichgewicht erhalten, und die Bedingung dieses Gleichgewichts kommt immer darauf zurück, daß die gemeinschaftliche Mittelkraft beider Kräfte gegen die festen Punkte des Apparats gerichtet und mithin durch sie aufgehoben werde.

**) Prechtl „Technologische Encyklopädie", Stuttgart seit 1830.

lich in England) in der Kunst Maschinen zu bauen gekommen ist, die an das Unbegreifliche grenzt, führe ich die Beschreibung zweier der künstlichsten Maschinen nach Brewster an. Die eine ist die von John Duncan erfundene Stickmaschine. Der Musselin, welcher gestickt werden soll, wird senkrecht in einen Rahmen gespannt, der sowohl in senkrechter als wagerechter Richtung bewegt werden kann. Sechszig oder mehre Nadeln liegen horizontal in einem Gestelle dem Mousselin gegenüber. Jede dieser Arbeitsnadeln wird von einer speisenden Nadel begleitet, die durch eine um die Arbeitsnadel herumgehende kreisförmige Bewegung auf den Körper der letzteren die Schlinge des Fadens legt. Diese sechszig Nadeln dringen in das Gewebe ein, und damit sie zurückkehren können, ohne das Zeug zu verletzen, so wird der Haken der Nadel, welcher dem Widerhaken eines Angelhakens gleicht, von einem Schieber bedeckt. Der Mousselin nimmt hierauf vermittelst der Maschienerie, die ihm eine horizontale und senkrechte Bewegung ertheilt, eine neue Lage an, so daß die sechszig Nadeln bei ihrer nächsten Bewegung an einem anderen Punkte der Figur oder Blume einstechen. Diese Operation dauert so lange, bis sechszig Blumen beendigt sind. Das Gewebe wird nun sanft aufgewunden, damit die Nadeln dem Theile, wo eine neue Reihe von Blumen gebildet werden soll, entgegen stehen. Die Blumen befinden sich in der Regel einen Zoll von einander entfernt, und die Reihen stehen so, daß die Blumen ein Careau bilden. In einer englischen Elle (Yard) befinden sich 72 Reihen Blumen, so daß in jeder englischen Quadrat-Elle 4000 Blumen, und in jedem Stücke von 10 Yard Länge 40,000 Blumen enthalten sind. Die Zahl der zu einer Blume erforderlichen Maschen oder Stiche ist nach Verschiedenheit des Musters verschieden, im Durchschnitt kann man jedoch ungefähr 30 annehmen. Die Anzahl der Stiche in einem Yard ist demnach 120,000, und die Anzahl in einem Stücke 1,200,000. In der Regel verfertigt die Maschine in einer Woche ein Stück von 15 Yard; dieses enthält 60,000 Blumen oder 1,800,000 Stiche. Vergleicht man dieses mit der Arbeit die eine Person mit der Hand verrichten kann, so ergibt sich, daß die Maschine so viel als die Handarbeit von 24 Personen leistet. —

Die sinnreichste aller jemals erfundenen Maschinen ist ohnstreitig die Rechnenmaschine in der Vollkommenheit, die ihr von Babbage gegeben worden. Astronomische und nautische Tafeln werden hier durch rein mechanische Kräfte richtig berechnet; die Maschine verbessert selbst die Fehler, die sie etwa begangen hat und die Ergebnisse ihrer Berechnungen, wenn sie völlig fehlerfrei sind, werden ohne Mitwirkung menschlicher Hände oder menschlichen Verstandes abgedruckt. Brewster hat selbst die Maschine arbeiten sehen und berichtet von ihr Folgendes. „Zu der Rechenmaschine welche jetzt unter Oberaufsicht des Erfinders angefertigt wird, gibt die englische Regierung die Kosten her; sie ist mithin Eigenthum derselben. Sie besteht wesentlich aus 2 Theilen: einem berechnenden und einem druckenden Theile, welche beide zur Erreichung der Absicht des Herrn Bab-

bage nothwendig sind. Es würde demnach der ganze Vortheil den man durch die Maschine zu erreichen sucht, verloren gehen, wenn die von der Maschine gemachten Berechnungen abgeschrieben, und dann auf dem gewöhnlichen Wege gesetzt werden müßten. Dem größeren Theile nach ist die Rechnenmaschine fertig, und liefert Arbeiten von so außerordentlicher Geschicklichkeit und Schönheit, daß bisher nichts was damit verglichen werden kann, ausgeführt ist. Um dieses möglich zu machen, mußten vorzüglich für die Theile, welche den bei gewöhnlichen Maschinerien gebräuchlichen unähnlich sind, Werkzeuge und mechanische Vorrichtungen erfunden werden. Diese ließen sich nur durch große Kosten ausführen. In manchen Fällen mußte man zu sehr sinnreichen Verfahrungsarten seine Zuflucht nehmen, die gewiß in anderen Zweigen mechanischer Künste von bedeutenden Nutzen sein werden. — Die Zeichnungen der Maschinerie welche einen bedeutenden Theil des Unternehmens ausmachen, denen man alle Erfindungen so wie alle gemachten Veränderungen einverleibt hat, bedecken eine Fläche von ungefähr 400 Quadratfuß, und sind mit großer Sorgfalt und Genauigkeit ausgeführt. Bei einem Werke, dessen Mechanismus so verwickelt ist, bei dem unterbrochene Bewegungen zu gleicher Zeit durch eine große Verschiedenheit von Reihen des Mechanismus fortgesetzt werden, muß die Besorgniß eintreten, daß Hemmungen und Störungen entstehen werden, indem es unmöglich scheint, alle mögliche Combinationen der Theile vorauszusehen. Jedem Zweifel dieser Art hat jedoch Babbage durch ununterbrochene Anwendung eines Systems mechanischer Controlle begegnet, wodurch in jedem Augenblicke die Fortschritte der Bewegung durch alle Theile dieser oder jeder anderen Maschine dem Auge deutlich dargelegt werden. Indem man nun in Tabellen die Zeit, welche für alle Bewegungen erfordert wird, verzeichnet, so wird durch dieses Verfahren es leicht, jede Gefahr, daß zwei entgegengesetzte Wirkungen im gleichen Augenblicke zu demselben Theile der Maschine gelangen, zu entfernen. Weniger ist bei der wirklichen Ausführung der Theil, welcher das Drucken besorgt, vorgeschritten, als der, wodurch das Rechnen bewirkt wird. Der Grund liegt in der größeren Schwierigkeit bei der Ausführung, die nicht sowohl im Uebertragen der Rechnungsergebnisse von dem rechnenden Theile auf die Kupfer= oder andere zu ihrer Aufnahme bestimmten Platten, sondern darin liegen, daß bei der Ausübung für so viele und mannigfaltige Bewegungen, welche die bei den gedruckten Tafeln angenommenen Formen nöthig machen, Vorkehrungen getroffen werden müssen. Der praktische Zweck der Rechnenmaschine ist der, in großer Mannigfaltigkeit und großem Umfange astronomische und nautische Tafeln zu berechnen und zu drucken, welche nur mit ungemeiner Anstrengung des Geistes und Körpers ausgeführt werden könnten, und die, im Falle jene Arbeit auch nicht gescheut würde, sich nicht mit der erforderlichen Genauigkeit würden berechnen lassen. Mathematiker, Astronomen und Seefahrer sind von dem großen Werthe solcher Tafeln so vollkommen überzeugt, daß jedes Wort hierüber überflüssig wäre. Für die Belehrung Anderer bemerke ich, daß siebenzehn dicke Folio=Bände loga=

rithmischer Tafeln mit großem Kostenaufwande, welchen die französische Regierung hergegeben hat, berechnet worden sind, und daß die brittische Regierung einen solchen Nationalwerth auf diese Arbeit legte, daß sie dem französischen Büreau für Längenbestimmung vorschlug, auf gemeinschaftliche Kosten beider Nationen einen Auszug daraus zu drucken, und zu Deckung der Kosten einen Vorschuß von 5000 Pfd. Sterling anbot. Außer den Logarithmen-Tafeln berechnet Babbages Maschine Potenzen und Producte von Zahlen, so wie alle astronomischen Tafeln zur Bestimmung des Standes der Sonne, des Mondes und der Planeten. Dieselben mechanischen Grundsätze haben sie in Stand gesetzt, unzählige Gleichungen endlicher Differenzen zu integriren, d. h. wenn die Gleichung der Differenzen gegeben ist, so kann sie am Ende einer bestimmten Zeit jedes entfernte Glied, welches verlangt wird, oder jede Folge von Gliedern, bei einem entfernten Punkte anfangend, darstellen. Außer der Wohlfeilheit und Schnelligkeit mit welcher die Maschine ihr Geschäft vollbringt, verdient die absolute Genauigkeit der gedruckten Resultate die größte Aufmerksamkeit. Durch besondere Vorrichtungen wird ein kleiner Fehler, der zufällig durch Staub oder durch eine kleine Ungenauigkeit eines der Räder erzeugt wird, so wie er zu dem nächsten übergeht, verbessert. Dieß geschieht auf eine solche Art, daß irgend eine Anhäufung kleiner Fehler, die durch Aufnahme einer falschen Ziffer in das Resultat entstehen könnten, auf das wirksamste verhindert wird.*)

Masse eines Körpers heißt die Gesammtheit seiner materiellen Bestandtheile, insofern diese keine weitere Bestimmtheit als die der Schwere haben; so daß also bei der Bestimmung der Masse eines Körpers von seiner specifischen Eigenthümlichkeit abgesehen wird. Alle Körper stehen nämlich in einer gewissen Beziehung zu einander, welche allein durch die allen Körpern eigenthümliche Schwere bedingt wird, und welche namentlich in der Massenanziehung (s. d. Art. Anziehung) und im Fall (s. d. Art.) zur Erscheinung kommt. Diese Erscheinungen werden durch keine specifische Verschiedenheit bedingt, wie namentlich daraus hervorgeht, daß die specifisch ungleichsten Körper im luftleeren Raume beim Fall in gleichen Zeiten gleiche Räume zurücklegen. Man spricht deßhalb von den Massentheilchen der Körper, indem man darunter ihre Bestandtheile versteht, insofern an ihnen nur auf Schwere Rücksicht genommen ist. Daß alle Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume durchfallen (sobald sie kein widerstrebendes Mittel

*) Um einen Begriff dieses außerordentlichens Unternehmens zu geben, führt Brewster die Wirkungen einer kleinen Maschine, die der Erfinder zur Probe verfertigt hatte, und mit welcher er nachstehende Tabelle aus der Formel: $x^2 + x + 41$ berechnete, an. Die Ziffern, so wie sie berechnet wurden, stellten sich dem Auge nicht etwa auf sich verschiebenden Linealen und ähnlichen Werkzeugen dar, sondern wurden von dem Auge an zwei entgegenge-

umgibt), führt man dann mit Recht auf die Massentheilchen zurück. Jeder einzelne Körper erscheint in dieser Beziehung als Zusammenhäufung von mehr oder weniger dieser unterschiedslosen Massentheilchen in einem größern oder kleinern Raum, den der Körper einnimmt und welcher sein Volumen heißt. Gleich viele Massentheilchen halten (im widerstandslosen Mittel) an die entgegengesetzten Arme einer Wage angebracht einander das Gleichgewicht. Ein Körper welcher mehr Massentheilchen enthält als ein anderer, heißt schwerer als dieser, und ist dabei sein Volumen diesem gleich oder kleiner, so heißt er specifisch schwerer.

Die Massen zweier verschiedenen Körper verhalten sich also wie die Gewichte derselben. Dieß sieht man auch daraus, daß man das Gewicht eines Körpers auf keine Weise durch Umformung, Vergrößerung oder Verkleinerung des Volumens verändern kann, sondern allein dadurch, daß man ihm entweder einiges von seinen materiellen Bestandtheilen (von seiner Masse) nimmt, oder neue materielle Bestandtheile zu ihm hinzufügt. Je mehr Masse ein Körper in je kleinerem Volumen besitzt, desto dichter ist er. (S. d. betreff. Art.)

---

setzten Seiten der Maschine wahrgenommen. So stellte sich z. B. die Zahl 383, in Ziffern, der Person, welche mit dem Niederschreiben derselben beschäftigt war, dar.

Tabelle von einer kleinen Probe-Maschine berechnet.

41	131	383	797	1373
43	151	421	853	1447
47	173	461	911	1523
53	197	503	971	1601
61	223	547	1033	1681
71	251	593	1097	1763
83	281	641	1163	1874
97	313	691	1231	1933
113	347	743	1301	2021

Während die Maschine beschäftigt war, diese Tabelle zu berechnen, so unternahm ein Freund des Erfinders die Zahlen so wie sie erschienen, niederzuschreiben. Da dieser rasch schrieb, so kam er anfänglich der Maschine beinahe vor, sobald aber die Zahl aus 5 Ziffern bestand, so war die Maschine wenigstens eben so schnell als der Schreiber. Bei einer andern Probe wurden 32 Zahlen derselben Tabelle in dem Zeitraume von 2 Minuten 30 Secunden berechnet, da diese 82 Ziffern enthielten, so schrieb die Maschine in jeder Minute 33 Ziffern, also in 2 Secunden etwas mehr als 1. Bei einer anderen Veranlassung brachte sie in der Minute 44 Ziffern hervor. Dieses Verhältniß blieb für jede beliebige Zeit beständig, und schwerlich möchten viele im Stande sein, mehre Stunden lang mit gleicher Schnelligkeit abzuschreiben.

Maß einer Größe heißt eine andere dieser gleichartige, gegen welche das Größenverhältniß in Zahlen so ausgedrückt ist, daß die als Maß genommene Größe = 1 gesetzt wird. Die Maßbestimmung von Körpern ist also rein mathematisch, indem bei derselben nicht auf natürliche Verschiedenheit, sondern allein auf mathematische Größe Rücksicht genommen wird. Da jedoch in der Experimentalphysik auf diese Maßbestimmungen sich vielfach bezogen wird, so ist zu Herstellung der nöthigen Verständlichkeit auf sie einzugehen. Wie es drei verschiedene mathematische Größen gibt: Linie, Fläche, Körper, so gibt es auch, weil nur gleichartiges mit einander gemessen werden kann, drei verschiedene Arten der Maße, nämlich: Längenmaße, Flächenmaße und Körpermaße. Die Größe des Maßes selbst ist ganz beliebig und so kommt es, daß man in den verschiedenen Ländern auch verschiedene Maße hat, d. h. verschiedene Größen, welche als Einheit bei der Verhältnißbestimmung angenommen werden. Sagt man nämlich: die Linie AB ist = 4 Zoll, so heißt dieß nichts weiter als: die Linie AB verhält sich zu einer andern in ihrer Länge als allgemein bekannt vorausgesetzten Linie, welche Zoll heißt = 4 : 1. Es ist eine bloße Bequemlichkeit zur Unterstützung der Vorstellung, daß man wieder verschiedene Maße auf einander in gewisse Beziehung setzt, z. B. eine Linie, die sich gegen die Linie Zoll = 12 : 1 verhält, einen Fuß nennt. Ferner werden auch die Längen-, Flächen- und Körpermaße mit einander passend in Beziehung gesetzt. Mißt man z. B. Längen nach Linien von der bekannten Länge Zoll, so werden die Flächen mit Quadraten gemessen, deren Seiten diese bekannte Länge haben, (Quadratzoll), und die Körper nach Würfeln, deren Kanten die bekannte Länge Zoll haben (Cubikzoll). Das einzige Maß, welches nicht gänzlich nach Willkühr bestimmt ist, ist das neufranzösische Maß. Hier nämlich (vergl. d. Art. Erde S. 275.) wird der 10000000ste Theil des nördlichen Meridianquadranten der Erde als Einheit der linearen Ausdehnung angenommen und Meter genannt. Ein Zehntel, Hundertel, Tausendtel davon heißt Decimeter, Centimeter, Millimeter; das Zehnfache, Hundertfache, Tausendfache desselben Decameter, Hectometer, Kilometer. Die Einheit des Flächenmaßes heißt Are und ist ein Quadrat, an dem jede Seite 10 Meter beträgt; die Einheit des Kubikmaßes wird Liter genannt und ist ein Würfel, an dem jede Seite einen Decimeter hat. In den meisten andern Ländern und in früherer Zeit auch in Frankreich ist eine Klafter, ein Fuß, Zoll und eine Linie die Einheit des Längenmaßes, eine Quadratklafter, ein Quadratfuß u. s. w. die des Flächenmaßes, und eine Cubikklafter, ein Cubikfuß u. s. w. die des Körpermaßes. Man kennt heut zu Tage die Verhältnisse der in verschiedenen Ländern gangbaren Maße zu einander mit ziemlicher Genauigkeit, und kann daher leicht eines in das andere verwandeln.

Folgende von Baumgartner zuerst mitgetheilten Tabellen dienen zur Vergleichung und Reduction der in verschiedenen Ländern üblichen Maße.

a. Allgemeines Längenmaß.

S. die Tabelle im Artikel Fuß, S. 470.

b. Schnittwaarenmaß.

Name der Oerter und Maße.	Enthält	
	Wiener Ellen	Französische Aune
Aarau: Elle	0.770084	0.500042
Alessandria: Raso	0.774137	0.502674
Alicante: Vara	0.977572	0.634771
Altenburg: Elle	0.725500	0.471092
Altona: Elle	0.735343	0.477484
Ancona: Braccio	0.824511	0.535383
Appenzell: Leinwandelle	1.028901	0.668101
= Wollenelle	0.790638	0.513389
Barcellona: Vara	1.014711	0.658887
Basel: große Elle (Reve)	1.512954	0.982414
kleine Elle (Braccio)	0.698286	0.453422
Berlin: Elle, preußische	0.855925	0.555782
Bern: Elle	0.696260	0.452106
Bilbao: Vara	1.092002	0.709075
Bologna: Braccio	0.827975	0.537633
Botzen: Elle	1.014426	0.658702
Brabanter: Elle	0.891553	0.576917
Braunschweig: Elle	0.732442	0.475602
Bukarest: Wallachische Elle zu Tuch und Seide	0.9000	0.584401
= Wallachische Elle zu Leinewand	0.8500	0.551935
Cadix: Vara, castilianische	1.088242	0.706633
Cagliari: Raso	0.704939	0.457742
Canea: Pick	0.817852	0.531060
Carlsruhe: Elle	0.770084	0.500042
Cassel: Elle	0.732035	0.475336
Clausenburg: Elle, siebenbürgische	0.80000	0.519468
Coburg: Elle	0.752422	0.488574
Constantinopel: kleine Pick	0.831453	0.539892
= große Pick	0.858661	0.557558
Copenhagen: Elle	0.800555	0.523070
Corunna: Vara	1.086214	0.705317
Cöthen: Elle	0.816115	0.529932
Darmstadt: Elle	0.770019	0.5000
Dresden: Elle	0.727052	0.472100

Name der Oerter und Maße.	Enthält	
	Wiener Ellen	Französische Aune
Ferrara: Seiden-Braccio...........	0.818720	0.531624
Florenz: Braccio......................	0.762549	0.495150
Frankfurt am Main: Elle..........	0.702360	0.456067
Freiburg: Stab.........................	1.372689	0.891334
Fulda: Elle..............................	0.726076	0.471467
Genf: Aune zu Leinwand im Kleinen..............................	1.467784	0.953083
" Aune im Großhandel.....	1.525210	0.990372
Genua: Palmo......................	0.320623	0.208192
Gera: Elle.	0.716815	0.465453
Glarus: Elle............................	0.770084	0.500042
Gröningen: Elle, niederländische	1.283364	0.8333
Hamburg: Elle......................	0.735343	0.477484
Hanau: Elle............................	0.697894	0.453167
Hannover: Elle.........................	0.749459	0.486650
Hildesheim: Elle......................	0.719120	0.466950
Lausanne: Elle........................	1.380939	0.896692
La Valetta: Canna = 8 Palme	2.669961	1.733699
Leipzig: Elle..........................	0.725500	0.471092
Lemberg: Elle..........................	0.762229	0.494942
Lemgo: Elle............................	0.738177	0.479324
Lissabon; Vara.......................	1.402640	0.910783
London: Imp. Standard Yard	1.173487	0.761985
Lübeck: Elle...........................	0.740553	0.480867
Lucca: Braccio........................	0.763713	0.495906
Luzern: Elle............................	0.807719	0.524480
Madrid: Vara...........................	1.088242	0.706633
Mahon: Canna.........................	2.201976	1.429820
Mailand: Metro......	1.283364	0.8333
Messina: Canna......................	2.712134	1.761083
Modena: Braccio......	0.831736	0.540750
München: Elle, baierische.........	1.069056	0.694175
Neapel: Canna..............	2.707078	1.757800
Neufchatel: Aune.......	1.446352	0.939167
Nizza: Raso..............................	0.703284	0.4566

Name der Oerter und Maße.	Enthält	
	Wiener Ellen	Französische Aune
Oldenburg: Elle	0.745476	0.484063
Osnabrück: Elle zu Leinwand	0.772110	0.501358
Oviedo: Vara	1.121831	0.728444
Palma: Canna	2.201108	1.429256
Paris: Aune	1.540037	1.000000
Parma: Seidenbraccio	0.762845	0.495342
" Wollenbraccio	0.826243	0.536508
Patrasso: Wollenpick	0.879798	0.571283
" Seidenpick	0.815244	0.529367
Petersburg: Arschin	0.913099	0.592907
Pisa: Braccio di Panno (Brasse)	0.749005	0.486355
Prag: Elle, böhmische	0.762272	0.494970
Ragusa: Elle	0.658624	0.427667
Rom: Canna	2.568718	1.667958
St. Gallen: Wollelle	0.784533	0.509425
" " große Leinwandelle	0.943273	0.612500
" " pariser Stab	1.513127	0.982526
Schafhausen: Elle	0.764372	0.496333
Solothurn: Elle	0.699155	0.539857
Stockholm: Elle	0.761977	0.494778
Stuttgard: Elle, würtembergische	0.788288	0.511863
Triest: Wollenelle	0.868515	0.563957
" Seidenelle	0.823932	0.535007
Valencia: Vara	1.178864	0.765477
Venedig: Seiden-Braccio	0.819299	0.532000
Warschau: Elle (Lokiec)	0.739218	0.4800
Weimar: Elle	0.723763	0.469964
Wien: Elle	1.000000	0.649335
Wiesbaden: Elle	0.712906	0.462915
Zürch: Elle	0.770083	0.500042

c. Weg- oder Meilenmaß.

Eine Tabelle nach Muncke, s. d. Art. Erde, S. 295.

d. Allgemeines Flächenmaß.

Name des Ortes und des Maßes.	Enthält	
	QuadratCentimet.	Vergleich. Logarithm.*)
Baierische Quadrat-Klafter........	30665.1	4.4866493
" " Fuß..........	851.818	2.9303468
" " Zoll..........	5.91540	0.7719843
" " Linien........	0.004108	0.6136218 — 2
Dänische Quadrat-Klafter..........	35499.4	4.5498529
" " Fuß............	984.816	2.9935504
" " Zoll............	6.84208	0.8351879
" " Linien..........	0.047514	0.6768254 — 2
Englische Quadrat-Yard..........	8360.97	3.9222567
" " Fuß............	928.997	2.9680142
" " Zoll............	6.45136	0.8096517
" " Linien..........	0.044801	0.6512892
Französische Quadrat-Toise........	37987.4	4.5796399
" " Fuß..........	1055.20	3.0233374
" " Zoll..........	7.32748	0.8649549
" " Linien........	0.050885	0.7065924 — 2
Oesterreichische Quadrat-Klafter..	35971.4	4.5559579
" " Fuß......	999.207	2.9996554
" " Zoll......	6.93894	0.8412929
" " Linien....	0.04819	0.6829304 — 2
Preuß. od. rheinl. Quadrat-Klafter	35469.5	4.5498565
" " " " Fuß....	985.267	2.9996554
" " " " Zoll....	6.84213	0.8351915
" " " " Linien	0.047515	0.6768290 — 2
Russischer Quadrat-Faden..........	455591	4.6585784
Sächsische Quadrat-Klafter........	28761.9	4.4588171
" " Fuß..........	798.940	2.9025146
" " Zoll..........	5.54820	0.7441521
" " Linien........	0.038529	0.5857896 — 2
Schwedische Quadrat-Klafter......	31720.5	4.5013401
" " Fuß..........	881.125	2.9450378
" " Zoll..........	6.11893	0.7866753
" " Linien........	0.042492	0.6283129 — 2

*) Dieser wird zum Log. des Maßes in der ersten Spalte addirt, um den Log. der Quadr.-Cent., oder vom Log. der Quadr.-Cent. abgezogen, um den Log. des Maßes aus der ersten Spalte zu erhalten.

e. Allgemeines Körpermaß.

Name des Ortes und des Maßes.	Enthält	
	Kubik-Centimeter	Vergleich. Logarithm.
Baierische Kubik-Klafter	5369962	6.7299740
„ „ Fuß	24861.7	4.3955202
„ „ Zoll	14.3872	1.1579765
„ „ Linien	0.008326	0.9204328 — 3
Dänische Kubik-Klafter	6677739	6.8246294
„ „ Fuß	30915.6	4.4901756
„ „ Zoll	17.8909	1.2526319
„ „ Linien	0.010401	0.0170882 — 2
Englische Kubik-Yard	764513	5.8833851
„ „ Fuß	28315.3	4.4520213
„ „ Zoll	16.3862	1.2144776
„ „ Linien	0.009482	0.9769339 — 3
Französische Kubik-Toisen	7403890	6.8694599
„ „ Fuß	34278.3	4.5350061
„ „ Zoll	19.8364	1.2974624
„ „ Linien	0.0111479	0.0599187 — 2
Oesterreichische Kubik-Klafter	6822394	6.8339370
„ „ Fuß	31585.2	4.4994832
„ „ Zoll	18.2784	1.2619395
„ „ Linien	0.010578	0.0243958 — 2
Preuß. oder rheinl. Kubik-Klafter	6677821	6.8246348
„ „ „ „ Fuß	30915.9	4.4901810
„ „ „ „ Zoll	17.8911	1.2526373
„ „ „ „ Linien	0.010354	0.0150936 — 2
Russischer Kubik-Faden	9589300	6.9878676
Sächsische Kubik-Klafter	4877819	6.6882257
„ „ Fuß	22582.5	4.3537719
„ „ Zoll	13.0684	2.1162282
„ „ Linien	0.007563	0.8786845 — 3
Schwedische Kubik-Klafter	5649506	6.7520105
„ „ Fuß	26155.1	4.4175567
„ „ Zoll	15.1361	1.1800130
„ „ Linien	0.008735	0.9424639 — 3

f. Fruchtmaß.

Name der Oerter und der Maße.	Enthält	
	Wiener Metzen	Kiloliter
Aarau: Viertel = 4 Vierling = 16 Mäßli	0.363509	0.022355
Alicante: Cahiz = 12 Barsellas	4.006045	0.246369
Altenburg: Malter = 2 Scheffel = 4 Viertel = 16 Metzen = 64 Mäßchen	2.286528	0.140620
Altona: Tonne = 8 Scheffel = 32 Viertel Scheffel	2.262014	0.139112
Ancona: Rubbio = 8 Coppe = 32 Provende	4.439562	0.273030
Appenzell: Mütt = 4 Viertel	1.485646	0.091366
Barcellona: Salma = $1\frac{3}{5}$ Carga = 4 Quartera = 48 Cortanes	4.421448	0.271916
Basel: Sack = 8 Mübde = 32 Küpfli = 64 Becher	2.102999	0.129333
Berlin: Scheffel = 4 Viertel = 16 Metzen = 64 Mäßel = 48 Quart	0.893691	0.054961
Bern: Mütt = 12 Maß = 24 Mäßli = 48 Immi = 96 Achterli = 192 Sechzehnleri	2.733884	0.168132
Bilbao: Fanega = 12 Celemines	0.978278	0.060164
Bologna: Corba = 2 Stari = 8 Quarteroni = 32 Quarticeni	1.199883	0.073792
Botzen: Kornstar	0.497200	0.030577
Braunschweig: Wispel = 4 Scheffel = 40 Himten = 160 Vierfaß = 640 Becher	5.047861	0.310440
Bremen: Last = 4 Quart = 40 Scheffel = 160 Viertel = 640 Spint Scheffel	1.156533	0.071126
Bukarest: Kile = 2 Mirze = 16 Demerli = 256 Occademerli	0.40000	0.024798

Name der Oerter und der Maße.	Enthält	
	Wiener Metzen	Kiloliter
Cadix: Cahiz = 12 Fanegas = 144 Almudes = 576 Quartillos	0.929262	0.057149
Cagliari: Restiere = 3 Starelli = 48 Imbuti	2.391051	0.147048
Canea: Carga	2.477152	0.152343
Carlsruhe: Malter = 10 Sester = 100 Meßlen = 1000 Becher	2.439052	0.150000
Cassel: Viertel = 16 Metzen = 64 Mäßchen	2.607783	0.160377
Clausenburg: Kübel = 4 Viertel	1.60000	0.098399
Constantinopel: Fortin = 4 Kisloz	2.283642	0.140442
Copenhagen: Tonne = 4 Viertel = 8 Scheffel = 32 Fierdigkar	2.262014	0.139112
Corunna: Fanega = 4 Ferrados	1.033437	0.063556
Cöthen: Scheffel	0.861197	0.052963
Crakau: Korzec = 32 Garnitzen	1.952854	0.120099
Darmstadt: Malter = 4 Simmer = 16 Kumpf = 64 Gescheid = 256 Mäßchen	2.081324	0.128000
Dresden: Scheffel = 4 Viertel = 16 Metzen = 64 Mäßchen	1.746908	0.107434
Ferrara: Moggio = 20 Staje	9.831199	0.604612
Ferrol: Fanega	1.157297	0.071173
Florenz: Sacco = 3 Staje = 12 Quarti = 48 Metadelli = 96 Mezzete	1.155359	0.071054
Frankfurt a. M.: Malter = 4 Simmer = 8 Mesten = 16 Sechter = 64 Gescheid = 256 Mäßchen = 1024 Schrott	1.865582	0.114732
Freiburg: Sack = 8 Mäß = 16 Quarterons	0.259649	0.015968
Fulda: Malter = 8 Maß = 32 Metzen = 128 Köpfchen	2.856053	0.175645

Name der Oerter und der Maße.	Enthält	
	Wiener Metzen	Kiloliter
Genf: Sack	1.262778	0.077660
Genua: Mina = 8 Quarti = 96 Cambette	1.898070	0.116730
Glarus: Mütt = 4 Viertel = 16 Vierling = 64 Mäßli = 144 Immi glatte Maß	1.335340	0.082122
Gotha: Malter	2.849370	0.175234
Gröningen: Mudde	1.626034	0.100000
Hamburg: Scheffel	1.713364	0.105371
Hanau: Malter = 4 Simmer = 8 Metzen = 16 Sechter = 64 Gescheid	1.987372	0.122222
Hannover: Malter = 6 Himten	3.003451	0.186620
Hildesheim: Scheffel = 2 Himten	0.843135	0.051852
Lausanne: Viertel	0.223202	0.013727
La Valetta: Salma	4.331469	0.266382
Lemberg: Korzec	2.000000	0.122999
Lemgo: Scheffel = $\frac{1}{24}$ Malter	0.589506	0.036254
Lissabon: Fanega = 4 Alqueiras = 2 Meyos = 2 Quartos = 2 Selemis = 2 Mequias	0.878611	0.054034
London: Imperial-Quarter	4.726706	0.290689
Lübeck: Weitzen- oder Roggen-Scheffel	0.543167	0.033404
Lucca: Stajo	0.398655	0.024517
Luzern: Mütt = 4 Viertel = 10 Immi	2.260040	0.139013
Madrid: Cahiz = 12 Fanegas = 144 Almudes = 576 Quartillos	0.929262	0.057149
Mahon: Quartera = 6 Barcellas = 36 Al-Mudas	1.173099	0.072145
Mailand: Some = 10 Mine = 100 Pinten = 1000 Koppi	1.723678	0.100000
Malaga: Fanega	0.985700	0.060620

Name der Oerter und der Maße.	Enthält	
	Wiener Metzen	Kiloliter
Messina: Salma = 16 Tomoli = 6 Modilli	4.500847	0.276799
Modena: Stajo	1.142135	0.070240
München: Scheffel = 6 Metzen = 96 Mäßlein = 208 Schänkmaß	3.615605	0.222357
Neapel: Tomolo	0.898124	0.055234
Neu-Strelitz: Scheffel	0.839912	0.051654
Nizza: Sacco = 3 Staji = 48 Mensinali	1.879045	0.115560
Oldenburg: Tonne = 8 Scheffel	2.898075	0.178230
Osnabrück: Scheffel = $\frac{1}{100}$ Last	0.466721	0.028703
Oviedo: Fanega	1.238908	0.076192
Palma: Quatera = 6 Barcellas = 36 Almudas	1.173099	0.072145
Paris: Kiloliter	16.260344	1.000000
Parma: Stajo = 16 Quartarole	0.836042	0.051416
Patrasso: Staro	1.335348	0.082123
Petersburg: Tschetwert = 4 Osmin = 4 Pajok = 8 Tschetwerik = 64 Garnez	3.163548	0.194556
Pisa: Stajo = 2 Mine = 4 Quarti = 16 Mezzete = 32 Quartucci	0.396148	0.024363
Prag: Strich = 4 Viertel = 16 Maßel = 192 Seitel	1.522000	0.093602
Presburg: Metzen	0.867386	0.053344
Rom: Rubbio = 2 Rubbiatelas = 4 Quarts = 8 Quartarellas = 12 Staros = 14⅔ Scorzi = 64 Decines	4.345382	0.267238
Rostock: Scheffel	0.632365	0.038890
St. Gallen: Mütt = 4 Viertel	1.237412	0.076100
Schafhausen: Malter = 2 Mütt		

Name der Oerter und der Maße.	Enthält	
	Wiener Metzen	Kiloliter
= 8 Viertel = 32 Vierling = 128 Mäßli..................	2.939928	0.180803
Solothurn: Doppelmaß = 2 Mäß	0.430695	0.026487
Stockholm: Tonne = 2 Span = 32 Kappan = 56 Kannen = 112 Stopp = 448 Quartier = 1792 Ort........	2.382336	0.146520
Stuttgard: Scheffel = 8 Simri = 32 Vierling = 256 Ecklein = 1024 Viertlein........	2.881758	0.177226
Triest: Staro = 3 Poloniki.....	1.204709	0.074089
Valencia: Cahiz = 12 Barcellas = 48 Celemines = 192 Quaterones...	3.250313	0.199892
Venedig: Stajo........................	1.379856	0.084860
Warschau: Korzec = 32 Garcy = 128 Kwarti = 512 Kwaterki.................................	2.081324	0.128000
Weimar: Scheffel = 16 Metzen = 84 Schenkmaß.............	1.251478	0.076965
Wien: Metzen = 128 Becher...	1.000000	0.061499
Wiesbaden: Malter = 4 Viernsel = 16 Kümpfe = 64 Gescheid................................	1.778686	0.109388
Zug: Mütt = 16 Vierling = 64 Mäßli........................	1.460016	0.089790
Zürch: Mütt = 16 Vierling = 64 Mäßli = 144 Immi......	1.334998	0.082122

g. Getränkmaß.

Name des Ortes und Maßes.	Enthält	
	Wiener Eimer	Kilolitre
Aarau: Saum = 100 Maß....	2.482301	0.144012
„ „ = 108 Maß....	2.680885	0.155533
Alicante: Tomelada = 2 Pipen = 80 Arrobas = 100 Cantaros	18.600208	1.079100
Altenburg: Eimer = 40 Kannen = 80 Maß = 160 Nößel	1.169343	0.067840
Altona: Ahm = 4 Anker = 5 Eimer = 20 Viertel = 40 Stübchen = 80 Kannen = 160 Quartier = 320 Oessel	2.495996	0.144806
Ancona: Soma = 48 Boccali	1.1814778	0.068544
Appenzell: Eimer = 32 Maß...	0.722124	0.041894
Barcellona: Carga = 16 Cortanes = 32 Quarteras = 128 Quartos	1.882254	0.109200
Basel: Saum = 3 Ohm = 96 oder 120 Maß	2.531537	0.146868
Berlin: Oxhoft = 1½ Ohm = 3 Eimer = 6 Anker = 180 Quart	3.552591	0.206106
Bern: Saum = 4 Eimer = 100 Maß	17.271253	1.002000
Bilbao: Cantara = 8 Acumbres = 32 Quartillos	0.271480	0.015750
Bologna: Corba = 2 Mezze-Corbe = 4 Quarterolle = 60 Boccali = 240 Foglietti	1.271929	0.073792
Bordeaux: Oxhoft	3.931021	0.228060
Botzen: Yhren	0.765889	0.044433
Braunschweig: Oxhoft = ¼ Fuder	0.380191	0.022057
Bremen: Ahm = 45 Stübchen = 180 Quart = 720 Mengeln	2.461153	0.142785
Bukarest: Eimer (Viadra) = 10 Occa	0.243905	0.014150

Name des Ortes und Maßes.	Enthält Wiener Eimer	Enthält Kiloliter
Canea: Oeltonne = 8 Mistati	1.539984	0.089342
Carlsruhe: Ohm = 10 Stützen = 100 Maß = 1000 Gläser	2.585517	0.150000
Cassel: Ohm = 80 Maß	2.746807	0.159357
Clausenburg: Ur (Eimer)	0.195122	0.011320
Constantinopel: Alma	0.090266	0.005237
Copenhagen: Ahm = $\frac{4}{30}$ Faß	2.580944	0.149735
Corunna: Moyo = 4 Canados = 16 Ollas = 68 Acumbres = 272 Quartillos	2.307583	0.133875
Cracau: Beczka = 34 Garniec = 144 Kwart	2.353468	0.136537
Darmstadt: Ohm = 20 Viertel = 80 Maß = 320 Schoppen	2.757885	0.160000
Dresden: Eimer = 63 Kannen = 126 Nößel = 504 Quartier	1.016722	0.058986
Florenz: Barillo = 20 Fiaschi = 40 Boccali = 80 Mezette = 160 Quartucci	0.718015	0.041656
Frankfurt a. M.: Ohm = 80 alte Maß = 320 Schoppen	2.472057	0.143418
" " Stück zu 8 Ohm 1 Viertel	19.900063	1.154512
Freiburg: Faß = 16 Brente = 400 Maß = 1600 Schoppen	0.673572	0.039078
Fulda: Ohm = 2 Eimer = 80 Maß = 320 Schoppen	2.518997	0.146141
Genf: Char = Fuder = 12 Setiers = 288 Quarterons = 576 Pots	9.453312	0.548438
Genua: (Weinmaß) Mezzarola = 2 Barilli = 2 Pinte	2.558903	0.148456
" (Oelmaß) Barillo = 4 Quarti = 128 Quateroni	1.114651	0.064667

Name des Ortes und Maßes.	Enthält	
	Wiener Eimer	Kiloliter
Glarus: Eimer = 30 Kopf = 60 Maß = 240 Schoppen	1.840185	0.106759
Gotha: Eimer = 40 Kannen = 80 Maß = 160 Nößel	1.169343	0.067840
Grätz: Startin	9.756098	0.566005
Gröningen: Vat	1.723678	0.100000
Hamburg: Ahm = $\frac{1}{6}$ Fuder = $\frac{1}{24}$ Anker	2.495996	0.144806
Hanau: Ohm = 20 Viertel = 80 Maß = 320 Schoppen	2.571989	0.149215
Hannover: Ahm = $2\frac{1}{2}$ Eimer = 4 Anker = 40 Stübchen = 80 Maß	2.646420	0.155517
Lausanne: Char = 400 Pots	8.015850	0.650434
Leipzig: Eimer = 63 Kannen = 126 Nößel = 504 Quartier	1.307516	0.075856
Lemgo: Ohm = 108 Kannen	2.684578	0.155747
Lissabon: Tonnelada = 2 Pipas = 52 Almudas = 104 Algueiras = 624 Canhados = 2496 Quardilhos	15.005992	0.870580
London: Imperial Standard Gallon	0.078290	0.004542
Lübeck: Ahm = 20 Viertel = 40 Stübchen = 80 Kannen = 160 Quartier = 360 Planken = 640 Ort	2.495978	0.144805
Lucern: Saum = $3\frac{1}{3}$ Ohm = 100 Maß = 400 Schoppen = 4000 Primen	2.978762	0.172814
Madrid: Cantaro = 8 Acumbres = 32 Quartillos	0.271480	0.015750
„ Aroba menor (zu Oel)	0.211978	0.012298
Mahon: Carga = 26 Quarteras	1.742398	0.101086
Mailand: Brente = 96 Boccali	1.302314	0.075554

Name des Ortes und Maßes.	Enthält	
	Wiener Eimer	Kiloliter
Malaga: Pipe Pedro — Ximenez	6.107966	0.354356
Marseille: Oel- und Wein-Millerole	1.029163	0.059707
" Millerole Fabriks-Oel	1.103154	0.064000
" Oel-Escandeau	0.257291	0.014927
Messina: Salma = 8 Quartari = 12 Quartucci	0.509907	0.087598
München: Schenk-Eimer = 60 Maß	1.105593	0.064141
" Visir- oder Bier-Eimer = 64 Schenkmaß	1.179299	0.068418
Neapel: Barile	0.751896	0.043622
Neufchatel: Muid = 5 Gerle = 12 Setiers = 192 Pots	4.461154	0.258816
Oldenburg: Anker = 26 Kannen = 40 Quartier	0.657844	0.038165
Osnabrück: Ahm (für Wein)	2.355040	0.136629
" Tonne (für Bier) = 27 Viertel = 108 Kannen	2.270932	0.131749
Oviedo: Cantaro	0.316605	0.018368
Palma: Carga = 26 Quarteras	1.742398	0.101086
Paris: Kiloliter	17.236779	1.000000
Petersburg: Wedro	0.218825	0.012695
Pisa: Barile da Vino = 20 Fiaschi = 40 Mezette = 80 Quartucci	0.785722	0.045584
Pisa: Barile da Olio = 16 Fiaschi = 64 Mezette = 128 Quartucci	0.576207	0.033429
Preßburg: Eimer	0.919473	0.053344
Rom: Wein-Barilo = 4½ Rubbi = 32 Boccali = 128 Fogliette = 512 Cartocci	0.784497	0.045513
" Oel-Barilo = 28 Boccali	0.915452	0.053110
Rostock: Ahm = 4 Anker = 5		

Name des Ortes und Maßes.	Enthält	
	Wiener Eimer	Kiloliter
Eimer = 20 Viertel = 40 Stübchen = 80 Kannen = 160 Pot..........................	2.495978	0.144805
St. Gallen: Eimer = 32 Maß = 128 Schoppen..............	0.880780	0.051099
Schafhausen: Eimer trüben Maßes..	0.770395	0.044695
= Eimer hellen Maßes..	0.725078	0.042066
Solothurn: Saum = 100 Maß	2.746715	0.159352
Stockholm: Ahm (Weinmaß) = 2 Eimer = 4 Anker = 60 Kannen = 120 Stoop..........	2.707988	0.157105
= Tonne (Oel= Wein= Fischmaß) = 48 Kannen = 96 Stoop = 384 Quartier = 1536 Jungfern........	2.166387	0.125684
Stuttgard: Eimer Helleichmaß = 160 Maß..........................	5.066352	0.293927
Temeswar: Eimer Debreziner oder Cseber = 100 ungarische Halbe................................	1.436676	0.083349
Tokay: Weinfaß = 176 ungarische Halbe..........................	2.528550	0.146695
Triest: Orne = 36 Boccali......	1.131738	0.065658
Valenzia: Weincarga = 15 Arrobas = 60 Accumbres.........	2.938698	0.170490
Venedig: Biconzia = $\frac{1}{4}$ Amphora = 2 Conzi = 128 Boccali................................	2.733908	0.158609
Warschau: Beczka = 25 Garniec = 100 Kwarty..............	1.723678	0.100000
Weimar: Eimer = 80 Schenkmaß........................	1.263456	0.073300
Wien: Eimer...........................	1.000000	0.058015

Name des Ortes und Maßes.	Enthält	
	Wiener Eimer	Kiloliter
Wiesbaden: Ohm = 20 Viertel = 80 kleine Maß...............	2.336855	0.135574
Zürch: Eimer lauteres Maß = 60 Maß = 120 Quartli = 240 Stozen............................	1.887427	0.109500

h. Besondere Maße.

Eine	Berglachter:	Freiberger...............	1	Wiener	Klafter	$1\frac{3}{4}$	Zoll.
=	=	Idrianer.................	1	=	=	$\frac{5}{6}$	=
=	=	Klausthaler............	1	=	=	1	=
=	=	Oberharzer.............	1	=	=	$1\frac{1}{6}$	=
=	=	Pflalzer	1	=	=	9	=
=	=	Preußische..............	1	=	=	5	=
=	=	Schemnitzer............	1	=	=	$4\frac{5}{6}$	=
=	=	Schwedische.......	1	=	=	$7\frac{2}{3}$	=

Eine Faust des Pferdmaßes = ... 4 W. Zoll.
Eine Ruthe des Ingenieurmaßes = ... 10 W. Fuß.
Ein Strich des Rekrutenmaßes = ... $\frac{1}{4}$ W. Zoll.

Ein Joch Feldmaß = ...	1600	Quadrat-Klafter.	
Ein Metzen = $\frac{1}{3}$ Joch = ...	$533\frac{1}{3}$	=	=
Ein Tagwerk, Wiesenmaß = $\frac{3}{4}$ Joch = ...	1200	=	=
Ein $\frac{1}{4}$ Weingarten = $\frac{1}{2}$ Joch = ...	800	=	=
Ein Pfund Weingarten = $\frac{1}{20}$ Joch = ...	80	=	=

i. Reduction der allgemeinen Längenmaße mittelst Logarithmen.

Zu dem Logarithmus der	addire	um zu erhalten den Logarithmus der
Baierschen Klafter	0.2433247	
= Fuß	0.4651734 — 1	
= Zoll	0.3859922 — 2	
= Linien	0.3068110 — 3	
Dänischen Klafter	0.2748765	
= Fuß	0.4967252 — 1	
= Zoll	0.4175440 — 2	
= Linien	0.3383628 — 3	
Englischen Yard	0.9611284	
= Fuß	0.4840071 — 1	
= Zoll	0.4048259 — 2	
= Linien	0.3256447 — 3	
Französischen Toisen	0.2898200	
= Fuß	0.5116687 — 1	
= Zoll	0.4324875 — 2	
= Linien	0.3533063 — 3	
Niederländischen Palm	0.0000000 — 1	Meter
Oesterreichischen Klafter	0.2779790	
= Fuß	0.4998277 — 1	
= Zoll	0.4206465 — 2	
= Linien	0.3414653 — 3	
Preußischen Klafter	0.2748783	
= Fuß	0.4967270 — 1	
= Zoll	0.4175458 — 2	
= Linien	0.3383646 — 3	
Russischen Faden	0.3292890 — 1	
Sächsischen Klafter	0.2294086	
= Fuß	0.4512573 — 1	
= Zoll	0.3720761 — 2	
= Linien	0.2929949 — 3	
Schwedischen Klafter	0.2506702	
= Fuß	0.4725189 — 1	
= Zoll	0.3933377 — 2	
= Linien	0.3141565 — 3	
Um zu erhalten den Logarithmus der	subtrahire	von dem Logarithmus der

k. Vergleichung des Duodecimal-Längenmaßes in Decimaltheile.

Fuß	enthält Klafter	Zoll	enthält Klafter	Linie	enthält Klafter	Punct	enthält Klafter
1	0.1666667	1	0.0138889	1	0.0011574	1	0.0000965
2	0.333333	2	0.0277778	2	0.0023148	2	0.0001926
3	0.500000	3	0.0416667	3	0.0034722	3	0.0002894
4	0.666667	4	0.0555556	4	0.0046296	4	0.0003858
5	0.833333	5	0.0694444	5	0.0057870	5	0.0004823
6	1.0000000	6	0.0833333	6	0.0069444	6	0.0005787
7	1.1666667	7	0.0972222	7	0.0081019	7	0.0006752
8	1.3333333	8	0.1111111	8	0.0092593	8	0.0007716
9	1.500000	9	0.1250000	9	0.0104166	9	0.0008681
10	1.6666667	10	0.1388889	10	0.0115741	10	0.9009645
11	1.8333333	11	0.1527778	11	0.0127315	11	0.010610

Zoll	enthält Fuß	Linie	enthält Fuß	Punkt	enthält Fuß	Linie	enthält Zoll
1	0.0833333	1	0.0069444	1	0.0005787	1	0.0833333
2	0.1666667	2	0.0138889	2	0.0011574	2	0.1666667
3	0.2500000	3	0.0208333	3	0.0017361	3	0.2500000
4	0.3333333	4	0.0277778	4	0.0023148	4	0.3333333
5	0.4166667	5	0.0347222	5	0.0028935	5	0.4166667
6	0.5000000	6	0.0416667	6	0.0034722	6	0.5000000
7	0.5833333	7	0.0486111	7	0.0040509	7	0.5833333
8	0.6666667	8	0.0555556	8	0.0046296	8	0.6666667
9	0.7500000	9	0.0625000	9	0.0052083	9	0.7500000
10	0.8333333	10	0.0694444	10	0.0057870	10	0.8333333
11	0.9166667	11	0.0763889	11	0.0063657	11	0.9166667

J. Verwandlung des Duodecimal-Flächenmaßes in Decimaltheile.

□ Fuß	enthält □ Klafter	□ Zoll	enthält □ Klafter	□ Linie	enthält □ Klafter
1	0.02777778	1	0.00019290	1	0.00000134
2	0.05555556	2	0.00038580	2	0.00000268
3	0.08333333	3	0.00057870	3	0.00000402
4	0.11111111	4	0.00077160	4	0.00000536
5	0.13888889	5	0.00096451	5	0.00000670
6	0.16666667	6	0.00115741	6	0.00000804
7	0.19444444	7	0.00135031	7	0.00000938
8	0.22222222	8	0.00154321	8	0.00001072
9	0.25000000	9	0.00173611	9	0.00001206
10	0.27777778	10	0.00192901	10	0.00001340

□ Zoll	enthält □ Fuß	□ Linie	enthält □ Fuß	□ Punkt	enthält □ Fuß
1	0.00694444	1	0.00004823	1	0.00000033
2	0.01388889	2	0.00009645	2	0.00000067
3	0.02083333	3	0.00014468	3	0.00000100
4	0.02777778	4	0.00019290	4	0.00000134
5	0.03472222	5	0.00024113	5	0.00000167
6	0.04166667	6	0.00028935	6	0.00000201
7	0.04861111	7	0.00033758	7	0.00000234
8	0.05555556	8	0.00038580	8	0.00000268
9	0.06250000	9	0.00043403	9	0.00000301
10	0.06944444	10	0.00048225	10	0.00000335

m. Verwandlung des Duodecimal-Kubikmaßes in Decimaltheile.

Kubik-Fuß	enthält Kubik-Klafter	Kubik-Zoll	enthält Kubik-Klafter	Kubik-Lin.	enthält Kubik-Klafter
1	0.0046296296	1	0.0000026792	1	0.0000000016
2	0.0092592593	2	0.0000053584	2	0.0000000031
3	0.013888889	3	0.0000080376	3	0.0000000047
4	0.0185185185	4	0.0000107167	4	0.0000000062
5	0.0231481481	5	0.0000133959	5	0.0000000078
6	0.0277777778	6	0.0000160751	6	0.0000000093
7	0.0324074074	7	0.0000187543	7	0.0000000109
8	0.0370370370	8	0.0000214335	8	0.0000000124
9	0.0416666667	9	0.0000241127	9	0.0000000140
10	0.0462962963	10	0.0000267918	10	0.0000000155

Kubik-Zoll	enthält Kubik-Fuß	Kubik-Lin.	enthält Kubik-Fuß
1	0.0005787037	1	0.0000003349
2	0.0011574074	2	0.0000006698
3	0.0017361111	3	0.0000010047
4	0.0023148148	4	0.0000013396
5	0.0028935185	5	0.0000016745
6	0.0034722222	6	0.0000020094
7	0.0040509259	7	0.0000023443
8	0.0046296296	8	0.0000026792
9	0.0052083333	9	0.0000030141
10	0.0057870370	10	0.0000033490

Die Abmessungen aller nicht allzukleinen Körper geschehen mittelst der Maßstäbe. Entweder man nimmt die Abmessungen des Körpers erst mittelst eines Zirkels, dessen Endspitzen man sodann auf den Maßstab setzt, oder man legt wo es thunlich, den Maßstab unmittelbar an den zu messenden Körper an. Im letzteren Falle hält man ihn fest an den Maßstab an, und sieht entweder mit freiem oder mit bewaffnetem Auge, wie viele Theilstriche desselben zwischen die zwei Grenzen der Dimension fallen, welche man bestimmen will. Mittelst des Zirkels lassen sich die Abmessungen nicht so genau anstellen, wie mittelst der zweiten Methode, weil die Spitzen desselben auch bei größter Feinheit immer noch eine gewisse Ausdehnung haben, und wenn sie in den Gegenstand selbst eindringen, einen zu großen, wenn sie in einiger Entfernung von demselben bleiben, häufig einen zu kleinen Abstand geben. Beim Zirkel ist übrigens auch noch die zweite Methode nicht umgangen, weil die Entfernung der Spitzen selbst unmittelbar am Maßstabe abgemessen werden muß. Durch die zwei Messungen die beim Zirkel nöthig sind, werden die Fehler vergrößert. Mit Hilfe eines 30mal vergrößernden Mikroskopes kann man nach Reichenbach das Zusammenfallen der Grenzlinie des zu messenden Körpers und der Linie des Maßstabes so vollkommen machen, daß der Fehler nicht über 0,00004 Par. Linien beträgt. Baumgartner bedient sich zum Messen der Entfernung zweier Punkte oder Linien eines Maßstabes, von welchem er folgende Beschreibung gibt. AB (Fig. 309.) ist ein hohler parallelepipedischer Körper aus Holz, der $4\frac{1}{4}$ Fuß lang, 7 Zoll breit und eben so hoch ist, und aus mehren Holzstücken besteht, damit er nicht schwinde. Auf seiner obern Fläche befindet sich eine messingene, 4 Fuß 1 Zoll lange, $1\frac{3}{8}$ Zoll breite Schiene ab, welche aus drei aufeinander geschraubten messingenen Linealen besteht, von denen die zwei äußern breiter sind, als das mittlere und so der Länge nach eine Furche oder Nuth bilden. Das oberste Lineal enthält die Theilung. Zur Seite dieses und mit ihm parallel sind zwei andere ähnliche Schienen cd und ef aus Messing eingesetzt, die aber zum Theil in Holz eingelassen und mit dem Rücken aufwärts gekehrt sind, so, daß sie eine Rinne cdef bilden, in welcher die Körper, deren Dimensionen man bestimmen (oder an denen man Linien von bestimmter Entfernung ziehen) will, mittelst hölzerner Keile befestigt werden. Der Maßstab enthält eine zweifache Theilung, nämlich nach Wiener Linien und nach Millimetern; beide Theilungen haben einen gemeinschaftlichen Nullpunkt. In der erwähnten Nuth lassen sich zwei Messingplatten g und h verschieben, die mit Querstäben welche über ab gehen, gleichsam zu einer Rahme verbunden sind und die Nonien für beide Theilungen enthalten, wovon der zur franz. Theilung gehörige $\frac{1}{100}$ Millimeter, der zur Wiener Theilung gehörige hingegen $\frac{1}{144}$ Linie angibt. Damit die Oberfläche des Nonius beim Ablesen genau in der Ebene des Maßstabes liege, läßt er sich mittelst eines Schraubenköpfes m und n an den Maßstab andrücken. Beide Nonien stehen in fester Verbindung mit einer Schraubenvorrichtung l, durch welche sie an den Maßstab festgemacht werden, die sich aber auch lüften lassen, damit man den ganzen Nonius und was da-

mit in Verbindung steht, längs des Maßstabes verschieben kann. Ist die Schraube fest angezogen, so kann man dem Nonius mittelst der Mikrometerschraube k eine feine Bewegung ertheilen. Um mittelst dieser Vorrichtung eine Dimension bestimmen zu können, ist in o ein aus zwei Linsen bestehendes Mikroskop angebracht, das sich heben und senken aber auch feststellen läßt, und im Brennpunkte einen mit einem Theilstriche des Nonius parallelen feinen Faden hat. Befestigt man den Körper, auf dem eine bestimmte Dimension gemessen werden soll, und schiebt die Rahme der Nonien dahin, daß der Faden mit einer Grenze zusammenfällt, merkt den Stand auf dem Maßstabe an, thut dann dasselbe mit der zweiten Grenze, zieht beide Anzeigen am Maßstabe von einander ab, so erhält man die gesuchte Größe. Daß man dabei weder den Maßstab noch den zu messenden Körper mit der Hand berühren dürfe, ist für sich klar, weil dadurch partielle Ausdehnungen und mithin falsche Resultate erzeugt werden. Um mittelst dieser Vorrichtung Linien in bestimmten Entfernungen ziehen zu können, hat man noch eine andere Vorrichtung angebracht, die aus Fig. 309. zu ersehen ist und aus einer Art Schlitten besteht, in welchen der Reißhacken eingesetzt ist. — Man kann zwar mit diesem Maßstabe auch kleine Dimensionen genau bestimmen, aber die Dicke dünner Drähte, feiner Metallplättchen, ja selbst die Dicke eines gewöhnlichen Blechstückes läßt sich nicht damit ausmitteln. Um die Dicke feiner Drähte zu bestimmen, braucht man am besten ein Schraubenmikrometer an einem Mikroskope. (S. d. Art. Mikrometer). Um die Dicke von Blechen auszumitteln, bei denen nicht die größte Schärfe verlangt wird, thut ein Maßstab gute Dienste, der auf eine Glasplatte gezeichnet ist. Wird der Maßstab mit der Fläche worauf sich die Theilung befindet, nach abwärts gekehrt, auf das abzumessende Blechstück gelegt, und der Rand des Bleches an eine Theilungslinie scharf angehalten, so sieht man leicht von oben den Punkt des Maßstabes, dem die andere Grenze entspricht. Man hüte sich aber den Maßstab zu brauchen, wenn er nicht auf dem Bleche aufliegt, oder seine Theilung auf der von demselben abgewendeten Fläche befindlich ist, weil da wegen der Lichtbrechung und der Parallaxe Fehler unvermeidlich sind.

Zur Messung der Dicke auch der dünnsten Plättchen ist Cauchoix's Sphärometer bestimmt. Dieses Instrument ist in Figur 310. abgebildet, und gehört eigentlich in die Klasse der Schraubenmikrometer. AB ist eine mit einem großen am Umfange in 100 gleiche Theile getheilten Kopfe a versehene, am unteren Ende abgerundete Schraube. Die runde Platte cd enthält die Schraubenmutter und ruht auf drei gleich hohen unten stumpfen Füßen, deren Enden aus Stahl sein müssen. An der Seite der Scheibe befindet sich ein verticales Metallstück e, das als unbeweglicher Inder für die Theilung des Schraubenkopfes dient, wohl auch selbst der Länge nach in Linien oder noch kleinere Theile getheilt ist, und gleichsam einen Maßstab vorstellt. g ist ein flaches Postament, in welches eine vollkommen ebene Glasplatte eingelassen ist, auf welche die Füße der Schraubenmutter zu stehen kommen. hi ist eine zweite bewegliche gleichförmig dicke Glasplatte.

Wenn man dieses Instrument zur Bestimmung der Dicke eines Plättchens u. s. w. brauchen will, muß man den Werth eines Schraubenganges genau kennen. Bekanntlich erhält man diesen, wenn man die Schraube mehre Male umdreht, bis sie sich um eine bestimmte Größe, welche man genau messen kann, z. B. um einen Zoll vorwärts oder rückwärts geschoben hat, und diese dann durch die Anzahl der Umdrehungen, Bruchtheile mit eingerechnet, dividirt. Beim Sphärometer des Wiener Museums gehen nach Baumgartner auf einen Zoll 80 Umdrehungen, woraus als Werth eines Schraubenganges 0,15 Linie folgt. Kennt man diesen Werth, so handelt es sich noch um die Dicke des Plättchens hi. Diese bestimmt man, indem man zuerst die Schraube so weit herabschraubt, daß ihr unteres Ende mit dem der drei Füße der Schraube genau in derselben Ebene liegt. Man kann dieses daraus mit ungemeiner Schärfe auf folgende Weise erkennen: Man stelle das Instrument auf die Bodenplatte und drücke mit den Fingern zwei Füße sanft auf dieselbe auf, um überzeugt zu sein, daß sie auf der Basis fest aufstehen, klopfe dann sanft auf den dritten Fuß von oben. So lange das Schraubenende über die Ebene der Endpunkte der drei Füße nur um ein Geringes hervorragt, hört man während des Klopfens darauf ein Klappern, das alsogleich in einen dumpfen Laut übergeht, sobald man das Ende von b in die Ebene der drei Füße oder über dieselbe hinaufgeschraubt hat. Hat man es dahin gebracht, daß das mindeste Vorwärtsschieben der Schraubenspindel obiges Klappern wieder erzeugt, so kann man wohl annehmen, das Schraubenende und die Endpunkte der drei Füße liegen in derselben Ebene. Das Instrument des Wiener Museums ist bis auf $\frac{1}{500}$ eines Schraubenganges empfindlich, daher kann damit höchstens ein Fehler von $\frac{3}{10000}$ Linie begangen werden. Hat man nun der Schraube die hier besprochene Stellung gegeben, so nimmt man ihren Stand an dem Maßstabe und an dem Schraubenkopfe ab, zieht die Schraube zurück, legt die Platte hi auf fg, stellt sie auf die Schraube, und schiebt sie so lange zurück, bis das mindeste Vorschieben den Stand auf allen drei Füßen aufhebt und obiges Klappern wieder hervorgebracht werden kann. Sieht man nun wieder auf den Schraubenkopf und auf die Scale e, und berechnet den Unterschied im Stande der Schraube in beiden Lagen, so erhält man die Dicke der Platte hi. Es ist nothwendig diese Platte auf ihrer Basis zu verschieben und zu sehen, ob sie an allen Stellen gleich dick ist. Will man mit diesem Apparate die Dicke eines Plättchens bestimmen, so legt man es so auf die Basis, daß es keine Falte macht, legt hi darauf und verfährt so, wie vorhin bei der Bestimmung der Dicke von hi geschehen ist, zieht aber nach der Hand von der gefundenen Dicke die der Platte hi ab. Im Nothfalle läßt sich auch die Dicke feiner Drähte auf diesem Wege bestimmen, indem man zwei gleich dicke Stücke unter hi legt und dann wie vorhin verfährt.*)

---

*) Weil sich die Länge der Maßstäbe mit ihrer Temperatur ändert, so kann dieselbe nur bei einem bestimmten Wärmegrade richtig sein, und man ist ge-

Ueber die Prüfung von Maßstäben macht Baumgartner folgende practische Bemerkungen. Hat man einen Maßstab zur Hand, von dessen Genauigkeit in der Theilung und absoluter Länge man schon überzeugt ist, so kann man leicht die Richtigkeit jedes andern prüfen, indem man nur verschiedene Dimensionen nach beiden mit gleicher Sorgfalt zu messen braucht. Geben beide dasselbe Resultat oder nur Abweichungen, die innerhalb der Grenzen der wahrscheinlichen Beobachtungsfehler liegen, so kann man beide für richtig ansehen; finden aber größere Abweichungen statt, so läßt sich daraus der Fehler des einen berechnen. Hat man keinen bereits als richtig erkannten Maßstab zur Hand, so muß der zu prüfende einen guten Nonius haben, wenn eine genaue Prüfung möglich sein soll. Mit diesem wird die Untersuchung vorgenommen. Man richtet nämlich den Nonius so, daß sein Nullpunkt mit dem des Maßstabes zusammenfällt. In dieser Lage darf nur der letzte Theilstrich des Nonius mit einem Theilstriche des Maßstabes zusammenfallen, und die vom Nullpunkte des Nonius und dem mit ihm coincidirenden Theilstrich des Maßstabes um gleich viele Theilstriche abstehenden Linien müssen einen desto größeren Abstand von einander haben, je weiter sie vom Coincidenzpunkte entfernt sind. Der Theilstrich, bei welchem eine Abweichung von dieser Regel eintritt, ist fehlerhaft gezogen, und man kann meistens leicht durch bloßes Augenmaß erkennen, wie groß der Fehler ist, der dann notirt werden muß. Gesetzt man habe einen in Zoll und Linien eingetheilten Maßstab mittelst eines Nonius zu prüfen, der $\frac{1}{10}$ Linie angibt, und bei dem deshalb 11 Linien in 10 gleiche Theile getheilt sind. Beim Zusammenfallen beider Nullpunkte muß der erste Theilstrich des Nonius vom ersten Theilstrich des Maßstabes um $\frac{1}{10}$ Linie, der zweite des Nonius vom zweiten des Maßstabes um $\frac{2}{10}$ Linie, der dritte des Nonius vom dritten des Maßstabes um $\frac{3}{10}$ Linie, endlich der neunte des Nonius vom neunten des Maßstabes um $\frac{9}{10}$ Linie abstehen. Betrüge die Entfernung des siebenten des Nonius vom siebenten des Maßstabes eben so

---

nöthigt, die bei einer anderen Temperatur abgenommene Größe auf die Normaltemperatur zu reduciren, als welche man am besten die des Eispunktes annimmt. Heißt demnach l_t die Länge eines Maßstabes oder eines Stückes desselben bei der Temperatur t^0 C, l_0 dieselbe bei 0^0 C und ist c die Größe der Ausdehnung des Stoffes, woraus der Maßstab besteht, bei einer Erwärmung von 1^0 C in Theilen der bei 0^0 C stattfindenden Dimension, so hat man $l_t = (1 + c\,t)\,l_0$ und daher

$$l_0 = \frac{l_t}{1 + c\,t}.$$

Die Maßstäbe bestehen meistens aus Eisen, Messing oder Silber, und für diese Stoffe hat man der Reihe nach

$$c = 0.0000122$$
$$0.0000188$$
$$0.0000190.$$

viel, wie die des sechsten des Nonius vom sechsten des Maßstabes, so wäre die siebente Distanz des Maßstabes vom achten um $\frac{1}{10}$ zu groß, oder die des sechsten vom siebenten um $\frac{1}{10}$ zu klein. Hat man dieses Geschäft vollbracht, so schiebt man den Nonius um seine ganze Länge am Maßstabe weiter, beginnt die Untersuchung von Neuem, und fährt so durch die ganze Länge des Maßstabes fort. Wenn bei dieser Prüfung die Fehler stets zwischen dieselben Theilstriche des Nonius fallen, so ist die Theilung des letzteren verdächtig. Seine Prüfung geschieht mit einem guten Maßstabe eben so, wie der Maßstab mittelst eines guten Nonius beurtheilt wird.*)

Maße der Kräfte geben die Wirkungen derselben. Um aus den Wirkungen die Intensität der Kräfte zu beobachten, muß man genau wissen, in welchen Verhältnissen die erscheinenden Wirkungen gegen die Kräfte, welche sie hervorbringen, stehen. So beobachtet man die Temperatur am Thermometer, genauer die ausdehnende Kraft der Wärme an ihrer Wirkung an einer Quecksilbersäule; die Schwere der Atmosphäre

---

*) Oft will man den Durchmesser eines cylindrischen Röhrchens sehr genau kennen. Ein directes Messen dieser Größe ist fast immer sehr unzulässig, aber man kann ein sehr scharfes Resultat erhalten, wenn man auf den Durchmesser aus der Gewichtsmenge Quecksilber oder einer andern Flüssigkeit, die ein bestimmtes Röhrenstück faßt, einen Schluß macht. Zu diesem Ende sucht man durch Saugen oder durch Eintauchen des Röhrchens in die Flüssigkeit eine hinreichend lange Säule davon hinein zu bringen, mißt die Länge derselben mit aller Genauigkeit, und bestimmt das Gewicht der aufgenommenen Flüssigkeit durch Abwägen. Beim Messen hat man vorzüglich darauf zu sehen, daß man die Temperatur der flüssigen Säule durch die Nähe des Körpers nicht ändere. Gesetzt man habe die Länge der Säule $= l$, das Gewicht der Flüssigkeit, welche diese Säule bildet, $= P$ gefunden und die Temperatur $= t$, welche bei diesem Versuche herrscht, beobachtet. Heißt der zu suchende Halbmesser bei 0° C $= a$, und die lineare Ausdehnung des Stoffes woraus die Röhre besteht, $= c$, so ist $a\,(1 + ct)$ dieser Halbmesser bei der Temperatur t und $a^2\,(1 + ct)^2\,\pi$ ein Querschnitt der Oeffnung des Röhrchens. Bezeichnet ferner p_0 das Gewicht eines Kubikcentimeters der gebrauchten Flüssigkeit bei 0° C und d_t die Dichte derselben bei t° nach dem Maße der Dichte, die bei 0° C stattfindet, so hat man

$$a^2\,(1 + ct)^2\,l\,\pi\,p_0\,d_t = P$$

und daher $a = \sqrt{\frac{P}{(1 + ct)^2\,l\,\pi\,p_0\,d_t}}$

statt dessen man füglich

$$a = \sqrt{\frac{P}{(1 + 2\,ct)\,l\,\pi\,p_0\,d_t)}}$$

setzen kann. Die Flüssigkeit deren man sich fast ausschließlich bedient, ist das Quecksilber. Für dieses hat man

$p_0 = 13{,}591213$ Gramme $d_t = \frac{5550}{5550 + t}$.

am Barometer u. s. w. Oft dienen die aus gewissen Kräften folgenden Wirkungen auch zu mathematischen Messungen, wenn man nämlich weiß, daß sich die Kräfte mit der mathematischen Größe die man berechnen will, in einem bestimmten Verhältnisse ändern. So z. B. weiß man, daß der Luftdruck um so geringer wird, je höher wir uns über die Meeresoberfläche erheben, und mißt nun mittelst der Barometerbeobachtungen die Erhebungen der Berge über die Oberfläche des Meeres.

Materie heißt das den Raum erfüllende, welches in bestimmter Umgrenzung Körper ist. Der physische Körper unterscheidet sich vom mathematischen dadurch, daß er materiell ist, d. h. Materie hat. Die allgemeinen physischen Eigenschaften der Körper können auch als Eigenschaften der Materie angesehen werden. (S. d. Art. Eigenschaft.)

Mechanik (v. d. griech. μηχανή Werkzeug) heißt die in der Physik sehr häufig in Anwendung kommende mathematische Lehre von der Bewegung der Körper und den die Bewegung verursachenden Kräften, nämlich von der Art ihrer Wirksamkeit, gemäß ihrer Intensität und Weise der Anbringung, ihrer Zusammenwirkung und Entgegenwirkung. Kräfte können nun in ihrer Wirksamkeit einander das Gleichgewicht halten, die Bewegung ist $= 0$, oder sie erzeugen eine wirkliche Bewegung des Körpers, welche alsbald eintritt, sobald eine der in Gleichgewicht stehenden Kräfte das Uebergewicht erhält, in einer Richtung und mit einer Intensität, welche das Resultat (Resultirende, Resultante) aller auf den Körper bewegend wirkenden Kräfte ist. Hiernach zerfällt die Mechanik in die Statik (v. d. griech. ἵστημι stehen), welche die Körper im Gleichgewichtszustande betrachtet und in die engere Mechanik (gemeine — wenn nur die niedere Mathematik —, höhere, wenn die höhere Mathematik in Anwendung gebracht wird, oder Dynamik, v. d. griech. δύναμις Vermögen). Da die Lehren der Statik und Mechanik vielfache Modificationen gemäß dem Aggregationszustande der Körper erleiden; die Wirksamkeit der bewegenden Kräfte eine andere auf feste Körper, eine andere auf tropfbarflüssige, eine andere auf luftförmige ist; so unterscheidet man noch besonders: Hydrostatik (v. d. griech. ὕδωρ Wasser), die Lehre vom Gleichgewicht tropfbar flüssiger Körper; Hydrodynamik, die Lehre von der Bewegung tropfbarflüssiger Körper; Aerostatik (v. d. griech. ἀήρ Luft), die Lehre vom Gleichgewicht luftförmiger Körper; Aerodynamik, die Lehre von der Bewegung luftförmiger Körper. Unter Hydraulik (v. d. griech. ὑδραυλίς Wasserorgel), versteht man entweder dasselbe was unter Hydrodynamik, oder vorzugsweise nur die technische Anwendung derselben. Unter Aerometrie versteht man im Allgemeinen alles, was sich auf Ausmessen oder Bestimmen der Luft, ihres Wesens oder ihrer Bestandtheile, ihrer Zusammensetzung und ihrer Veränderungen bezieht; also außer den Gesetzen ihrer Mischung,

auch die ihres Gleichgewichts und ihrer Bewegung. Unter **Pneumatik** (v. d. griech. πνεῦμα Lufthauch) versteht man dasselbe, was unter Aerodynamik. Hieraus ergibt sich folgende übersichtliche Zusammenstellung aller mechanischen Wissenschaften:

Mechanik

Statik	Dynamik oder Mechanik in engerer Bedeutung
Statik fester Körper,	Dynamik fester Körper,
Hydrostatik,	Hydrodynamik oder Hydraulik,
Aerostatik.	Aerodynamik oder Pneumatik.

Man unterscheidet auch **reine** und **angewandte Mechanik**, indem man unter jener die wissenschaftlich mathematische Darlegung und Ausführung der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung, unter dieser die Anwendung derselben auf den Maschinenbau versteht. Zu den besten neueren Werken über Mechanik gehören die von **Bernouilli**, **Gerstner** und **Prechtl**.

Mechanismus heißt im Allgemeinen die Art und Weise, wie durch Kräfte und Wirkungen an Körpern, namentlich Bewegung oder Gleichgewicht hervorgebracht wird. So spricht man von einem Mechanismus des Gehens, des Stehens, der Welt u. s. w. Speciell heißt Mechanismus die innere Einrichtung einer Maschine, um durch die in Anwendung gebrachten Beweger (bewegenden Kräfte) die beabsichtigten Wirkungen zu Stande zu bringen.

Meer, die See heißt die große Wassermasse, welche in stetem Zusammenhange einen großen Theil der Erdoberfläche ausmacht, und die großen Ländermassen sowohl, welche **Festlande** (lat. **Continente**) genannt werden, als die Inseln umgibt. Von den Gewässern der Landseen und der Flüsse, unterscheidet sich das Meerwasser durch seinen besondern Geschmack, welcher ein Zeichen eigenthümlicher chemischer Mischung desselben ist. Das Meer nimmt die meisten das Land durchschneidenden Flüsse in sich auf, ohne selbst einen weitern Abfluß zu haben, es würde daher dasselbe unaufhörlich zunehmen müssen, wenn nicht durch fortwährend an seiner Oberfläche stattfindende Wasserverdunstung eben so viel Wasser, als in dasselbe zufließt, von der Atmosphäre aufgenommen, auf das Festland in dunstförmiger Gestalt zurückgeführt und dort wieder als Wasser abgesetzt würde. Betrachten wir nun die feste Erdmasse, so erscheint sie uns als eine an ihre Oberfläche sehr unebene mit größern und kleinern Vertiefungen und Erhöhungen versehene Masse. Wo nun auch Wasser an ihr auftreten mag, immer wird sich dasselbe gemäß seiner beweglichen Natur von den höhern nach den niedern

Orten zu begeben streben und an den tiefstliegenden endlich zu größeren Massen sich versammeln. Hiernach erscheint der Grund des Meeres als Fortsetzung der festen Erdoberfläche und zwar: als der tiefstliegende, dem Mittelpunkte der Erde am nächsten liegende Theil. Schon hieraus können wir schließen, daß auch der Meeresgrund, so wie die Oberfläche des festen Landes mit mannigfaltigen Erhöhungen gleichsam einzelnen Bergen und ganzen Gebirgen ausgestattet sein werde, aber wir finden die Bestätigung hiervon in den verschiedenen Tiefen welches das Meer an verchiedenen Orten hat, in den Erhebungen des Meeresgrundes, welche als Inseln über die Oberfläche desselben sich erstrecken. Einzeln felsige Erhöhungen treten empor und bilden Klippen.

Das ganze Meer theilt sich in größere und kleinere Wasseransammlungen zwischen den großen Festlanden: Hauptmeere und Nebenmeere. Die Hauptmeere lassen sich als Hauptvertiefungen der festen Erdfläche betrachten. Man zählt deren 5: das nördliche und südliche Eismeer um die Pole; der amerikanische oder atlantische Ocean (v. d. griech. ὠκέανος Weltmeer), welcher Europa und Afrika von Amerika trennt; das große Weltmeer oder das stille Meer, welches Amerika von Afrika und Australien scheidet; der südliche und indische Ocean, zwischen Asien, Afrika und Neuholland. Die größern Meerarme welche in Ländermassen hineinreichen, heißen mittelländische Meere. Kleinere Einbiegungen des Meeres in das Land werden Meerbusen, Golfe, Buchten, Bayen, Rehden, Häfen genannt. Meerarme welche zwischen zwei Ländermassen hindurch gehen und größere Meere mit einander in Verbindung setzen, heißen Meerengen, Straßen, Canäle, Sunde. Da die Küste, das Ufer des Meeres (auch der Strand genannt) nirgends geradlinig fortgeht, sondern mit unzähligen größern und kleinern Einbiegungungen, so gibt es eine unzählbare Menge von Busen, Buchten u. s. w., von denen viele, besonders die durch Größe und durch Bequemlichkeit für die Schifffahrt ausgezeichneten, eigene Namen haben.

Zur Messung der Tiefe des Meeres bedient man sich gewöhnlich des Senkbleies, der Sonde und ähnlicher Instrumente, welche im Allgemeinen Bathométer genannt werden, (s. d. Art.). In unbekannten oder verdächtigen Gegenden, in der Nähe von Küsten, wo Sandbänke, Klippen u. s. w. zu vermuthen sind, müssen die Seefahrer um die Gefahr des Strandens zu vermeiden, unaufhörlich damit messen. Unter Stranden versteht man das Anstoßen oder Auflaufen eines Schiffes auf den Meeresgrund, welches meistens Zertrümmerung des Schiffes zur Folge hat. In den tiefen Meeren vermag das Senkblei nicht mehr den Grund zu erreichen, weil, wie schwer man auch das Blei nehmen mag, dennoch die Leine endlich verhältnißmäßig so lang wird, daß sie das Blei schwimmend erhält, also dessen weiteres Einsinken verhindert. Namentlich in der Nähe der Küsten findet eine sehr schnelle Abwechslung der Meerestiefe statt. Unter einer Bank versteht man eine solche Erhöhung des Meerbodens, welche seichte Stellen, Untiefen verursacht. Sobald nicht genug Wasser über der Bank vorhanden ist um Schiffe zu tragen, ist dieselbe der Schifffahrt

gefährlich. Die Sandbänke bestehen aus Sand. Einige stehen fest und haben also wahrscheinlich ein Gerippe von festem Gestein, andere dagegen sind veränderlich, werden daher vom Meere angeschwemmt und weggeschwemmt. Sandbänke die sich längs den Küsten eines Landes über die Meeresfläche hervorragend hinziehen, heißen Dünen, namentlich an den Küsten Großbritanniens und der Niederlande. Aehnlich sind die Nehrungen an der preußischen Küste. Aus diesen Dünen bildet sich allmählig festes Land, wenn das Meer mit Anschwemmungen fortfährt. Daher kommt es, daß jetzt viele Städte, welche früher in der Nähe des Meeres sich befanden, beträchtlich weit von demselben entfernt sind, so z. B. haben im Jahre 1513 die Portugiesen die Stadt Mochha an der Küste des rothen Meeres angelegt, welche jetzt eine große Strecke davon entfernt liegt. Nach einer alten Volkssage soll Culm früher nahe am Meere gelegen haben. In dem Hafen Hith (in Großbritannien) weidet jetzt Vieh. Aiguemortes hatte 1248 einen berühmten Hafen und liegt jetzt eine Stunde vom Meere entfernt. Dasselbe gilt von Ravenna. Pius V. ließ bei der Mündung der Tiber am Meeresufer einen Thurm bauen, welcher nach 145 Jahren gegen 1000 Fuß vom Meere entfernt war. Die Korallenbänke und Korallenfelsen sitzen auf dem Meeresgrunde fest und wachsen von diesem empor. Auch mögen sich die Korallen an schon vorhandene Felsen ansetzen. Sie erheben sich nur bis an die Oberfläche des Meeres und breiten sich dann seitwärts aus. Oft bilden sich aus diesen Korallenbänken förmliche Inseln, auf denen mit der Zeit durch die Verwitterung und Verwesung mineralischer-, thierischer- und Pflanzen-Theile fruchtbarer Boden entsteht. — Die Austernbänke sind Felsen, an denen sich Austern angesetzt haben. — Riffe heißen an der Küste sich hinziehende Reihen von Felsen und Klippen. In der Ostsee fassen die Klippen einen Theil der schwedischen Küste ein, und heißen hier Scheeren.

Die Größe des Meeres beträgt ungefähr $\frac{2}{3}$ der ganzen Erdoberfläche (s. d. Art. Erde S. 311). Dasselbe ist so wie die übrige Oberfläche der Erde von einer unzählbaren Menge von Geschöpfen bewohnt. Muncke führt, um eine ungefähre Vorstellung von der Größe dieser Menge zu geben, an, daß zu Helliesund in Norwegen jährlich 28- bis 36000 Hummern gefangen werden.

Da es ein allgemeines Gesetz des Wassers ist, daß es stets strebt an seiner Oberfläche einen horizontalen Stand anzunehmen, und da alle Meere unter einander in Verbindung stehen, so folgt hieraus, daß die Oberfläche des Meeres (der Meeresspiegel) auch überall dieselbe Höhe haben muß, und man pflegt daher alle Höhenmessungen auf der Erde als Erhebungen über die Meeresoberfläche zu bestimmen. (S. d. Art. Höhe und Höhenmessung). Indeß machen hiervon doch diejenigen Meere größtentheils eine Ausnahme, welche vom Lande in ihrer größten Ausdehnung eingeschlossen sind, und mit der übrigen Wassermasse des Meeres nur durch enge Kanäle in Verbindung stehen. So

fand man, daß 1782 die Ostsee um 8 Fuß höher als die Nordsee stand. Ferner steht das schwarze Meer höher als das Mittelmeer. Auch das caspische Meer, das atlantische Meer und der arabische Meerbusen stehen höher als das Mittelmeer; das arabische Meer etwa um 20 Fuß. Der Grund liegt in den bedeutenden Wassermassen, welche durch große Flüsse in die umschlossenen Meere, z. B. in das schwarze Meer fortwährend getragen werden, während durch den engen Kanal durch welchen das Meer mit dem Mittelmeere in Verbindung steht, nicht eine gleichgroße Wassermenge abgeführt zu werden vermag. Ueberdieß hat das Mittelmeer eine ausgebreitete Oberfläche, von welcher ununterbrochen große Mengen Wasser abdunsten, ohne daß bedeutende Flüsse diesen Abgang hinreichend ersetzen. Der höhere Stand des arabischen Meerbusens über das Mittelmeer ist die Folge der allgemeinen westlichen Strömung der großen Oceane, durch welche das Wasser in diesem Meeresarme zusammengedrängt wird.

Einige Naturforscher haben angenommen, daß das Meer in einer fortwährenden Abnahme begriffen sei. Da durch die Flüsse ununterbrochen eine große Menge Sand und Erde in das Meer geschwemmt werden, so sollte die Oberfläche desselben vielmehr erhöht als erniedrigt werden, während nicht jenes, sondern vielmehr dieses durch die Erfahrung bestätigt wird. Nicht allein ist es bekannt, daß eine große Anzahl von Städten, welche ehemals an der Küste lagen, gegenwärtig in bedeutenden Entfernungen von ihr abstehen (s. oben), sondern man hat auch z. B. an der skandinavischen Küste beobachtet, daß viele Felsen, welche ehedem unter oder nahe an der Meeroberfläche sich befanden, gegenwärtig hoch über dieselbe herausragen. Celsius veranlaßte 1731 und in folgenden Jahren, daß Zeichen in Felsen eingehauen wurden, um die Größe der Abnahme genauer zu beobachten. Aus Beobachtungen bis 1785 wurde nun geschlossen, daß die Abnahme des Meeres in 36 Jahren 17 Zoll betrage. Hiergegen sind gegründete Widersprüche erhoben worden, namentlich der, daß man auf der entgegesetzten Seite des baltischen Meeres keine Spur des Sinkens wahrnimmt. Aus genauen Untersuchungen von Rawert und Garlieb geht zwar hervor, daß der Wasserstand um die Insel Bornholm ehemals höher gewesen sei, aber dieß muß in sehr frühen Zeiten der Fall gewesen sein; so weit die Geschichte des Nordens reicht, läßt sich kein Sinken nachweisen. Im Allgemeinen ist es gewiß gegründet, daß der Wasserstand an der skandinavischen Küste gegenwärtig niedriger als früher ist. Berzelius hat bei Uddevalla, 200 Fuß über dem gegenwärtigen Wasserspiegel solche Muscheln gefunden, welche noch jetzt an jenen Küsten leben, und sich stets im Spiegel des Meeres zu halten pflegen. Nach v. Buch steht auch Tromsoë in Norwegen auf einer Schicht zerbrochener Muscheln von ungefähr 20 Fuß Höhe, welche früher unter dem Wasser waren. L. v. Buch glaubt nicht sowohl das Meer sei gesunken, sondern vielmehr sei die skandinavische Halbinsel ganz oder zum Theil gehoben worden. Nach den neuesten Beobachtungen ist der Meeresspiegel um die schwedische Küste seit etwa 100 Jahren um 4 Zoll gesunken.

Nach Playfair soll auch eine Erhöhung der schottischen Küste unverkennbar sein. Nach Reinwardt ragen die Molucken gegenwärtig höher über die Meeroberfläche als früher. Die Korallen bauen nur bis an die Oberfläche des Meeres und gegenwärtig ragen viele Koralleninseln über das Meer empor. Latrobe hat ferner die Beobachtung gemacht, daß der Küstendistrict von Newyork früher einen wenigstens 120 Fuß betragenden höheren Wasserspiegel gehabt habe; auch versichern die Bewohner von Otaheiti, daß ein jetzt freier Fußsteig an der Küste ihrer Insel früher an einigen Stellen unter Wasser gestanden habe. Endlich will auch v. Humboldt gefunden haben, daß das Meer bei den Inseln St. Barthelemy, St. Martin, St. Thomas u. a. gegen 360 Fuß höher gewesen sei.

So sehr alle die angegebenen Thatsachen für eine Senkung der Meeroberfläche sprechen, gibt es doch auch viele andere, welche eine Erhebung derselben bezeugen. Nach der Erzählung von Angelo Zedrini wurden auf der venetianischen Insel St. George große Ausgrabungen gemacht, um den Port-Franc anzulegen. Einige Fuß unter dem Meere fand man eingerammte Pfähle nebst einer steinernen Treppe, von der 5 Stufen ausgegraben wurden. Nicht weit davon fand man gebrannte Steine mit dem Namen des Verfertigers. Die Buchstaben bewiesen ein größeres Alter als das der Römer. Hiernach scheinen die Lagunen schon in den ältesten Zeiten bewohnt gewesen, und der Spiegel des Meeres scheint damals niedriger gewesen zu sein. Breislak beobachtete in Toscana und Ligurien am Mittelmeere ähnliche Erscheinungen, namentlich bei Neapel. Einige Fußböden des Tempels welchen Tiberius auf Capräa bauen ließ, stehen gegenwärtig unter Wasser, ohne daß Zeichen vorhanden wären, welche auf gewaltsame (z. B. vulkanische) Erschütterungen und demzufolge Senkungen schließen lassen. Aehnliche Erscheinungen kommen in Italien vielfach vor. Besonders merkwürdig ist der Tempel des Jupiter Serapis bei Puzzuola. Dieser scheint auf den ersten Blick gesunken zu sein, nach den Spuren der Pholaden jedoch, welche seine Säulen zernagt haben, zeigt er einen früher höheren, später aber niedrigern Stand des Meeres an. Nach Gimbernat soll er einige Zeit in einem durch das Salzwasser benachbarter Quellen gebildeten See gestanden haben. In Holland deuten die jährlichen Vergrößerungen einiger Meeresbuchten namentlich des harlemer Meeres, des leydener, des spieringer und des alten, welche 1531 bis 1591 jährlich 96,5 Morgen, von 1591 bis 1647 jährlich 30 Morgen, von 1647 bis 1687 jährlich 25,2 Morgen, 1687 bis 1740 jährlich 26 Morgen betrugen, auf ein allmähliges Wachsen des Meeresspiegels. Sogar für ein Zunehmen der Ostsee hat man Beweise angeführt. Die Sandbank welche bei der Einfahrt in den Hafen von Swinemünde liegt, war — nach Catteau-Calleville — ehemals eine mit der Insel Usedom zusammenhängende Landzunge, und die den dasigen Hafen schützenden Anlagen werden noch alle Jahre von den Wellen dergestalt überschwemmt, daß sie nur vermittelst ununterbro-

chener kostspieliger Ausbesserungen erhalten werden können. An der benachbarten Küste sind mehre Wohnhäuser so oft in Gefahr gewesen, von den Wellen verschlungen zu werden, daß man sie weiter hinein ins Land hat verlegen müssen; einige derselben sind sogar wirklich eine Beute der Fluthen geworden. Die Insel Ruden ist heut zu Tage sehr klein und von allen Seiten mit Sandbänken und Untiefen umgeben. Ehemals war ihr Flächeninhalt so ansehnlich, daß sich mehre große Dörfer darauf befanden, und sie hatte einen Hafen. Im Anfange des vierzehnten Jahrhunderts rissen die Fluthen eine Landenge weg, welche Ruden mit der einen Theil der Insel Rügen ausmachenden Halbinsel Mönkguth verband, und hierdurch entstand ein beinahe zwei Stunden im Umfange haltender Sumpf, welcher jetzt das Neue Tief heißt. Auch auf der Insel Zingst und der Halbinsel Darz, auf der Grenze zwischen Pommern und Mecklenburg, haben ähnliche Veränderungen durch das Anwachsen des Meeres Statt gehabt. Das indische Meer scheint gleichfalls an einzelnen Punkten vorgerückt zu sein. An den Küsten von Hindostan stehen mehre Pagoden aus dem Alterthume jetzt unter Wasser. Die Insel Ceylon soll, nach einer unter den Urbewohnern derselben erhaltenen Sage, einst durch einen Meereseinbruch vom festen Lande abgerissen worden sein; eben so die Insel Sumatra von Malacca. — Von der Zunahme des atlantischen Meeres an den östlichen Küsten von Amerika hat man die augenscheinlichsten Beweise. In den Vereinigten Staaten, am Vorgebirge May z. B., beim Ausflusse des Delaware, befindet sich ein Haus, an dessen Wänden folgende Bemerkungen verzeichnet sind: Im Jahre 1804 war die Entfernung des Meeres vom Hause 334 F., 1806 nur noch 324 F., 1807 nur noch 294 F., 1808 nur noch 273 F., 1809 nur noch 267 F., 1811 nur noch 259 F., 1812 nur noch 254 F., 1816 nur noch 225 F., 1817 nur noch 214 F., 1818 nur noch 204 F., 1819 nur noch 188 F., 1820 nur noch 180 F. Das atlantische Meer wäre also an diesem Theile der nordamerikanischen Küsten binnen 16 Jahren um 154 Fuß vorgerückt. Die Größe dieser Zunahme scheint indeß nicht alle Jahre sich gleich zu sein. Es ließen sich noch eine Menge von Veränderungen aufführen, von denen einige auf eine Erhebung andere auf eine Senkung des Meeresspiegels deuten, allein aus den angeführten geht zur Genüge hervor, daß im Allgemeinen weder eine Abnahme noch eine Zunahme des Meeres behauptet werden kann. Da wo sich Erdmassen leicht durch das anströmende Wasser losreißen lassen und wo dieses ununterbrochen mit Gewalt andrängt, werden nothwendig mit der Zeit Wegschwemmungen eintreten und es wird den Anschein haben, als habe sich das Meer gehoben. An anderen Orten werden dagegen Anschwemmungen stattfinden, und es wird den Anschein haben, als sei das Meer gesunken. Auch durch Wegschwemmungen kann ein scheinbares Sinken des Meeres erzeugt werden, namentlich an den ins Meer hineinragenden unverrückt stehenbleibenden Felsen bei mittelländischen Meeren, welche sich ganz aus den in sie mündenden Flüssen füllen, und nur ei-

nen Abzug in die größeren Meere haben. Hier muß nach geschehenen großen Wegschwemmungen dieselbe Wassermenge einen größeren Raum ausfüllen, wird also niedriger als vorher stehen. So kann einst die Ostsee enger zusammengedrängt und ihr Wasserspiegel höher als gegenwärtig gewesen sein, wo er immer noch höher als der der Nordsee steht. — Betrachtet man von der Küste aus das Meer, so scheint es gegen den Horizont zu bergan zu steigen. Dieses ist natürlich eine bloße Gesichtstäuschung.

Es wurde schon oben angegeben, daß sich das Meerwasser durch eigenthümlichen Geschmack auszeichne. Dieser ist die Folge seines Salzgehaltes. Da durch die Hitze das Wasser verdampft, und zwar um so stärker, je stärker die Hitze ist, dabei aber das Salz welches im Wasser aufgelöst ist, zurückbleibt, so sollte man vermuthen, daß in der heißen Zone das Meer wegen der fortwährend stattfindenden starken Verdunstung einen stärkeren Salzgehalt als weiter gegen die Pole zu haben sollte. Der Einfluß der Sonnenstrahlen wird aber durch den der Kälte in den nördlichen Gegenden aufgehoben. Auch beim Gefrieren des Wassers nämlich wird das Salz ausgeschieden. Durch die Strömungen und sonstigen ununterbrochenen Bewegungen des Meeres findet überdieß eine fortwährende Vermischung und Ausgleichung statt. Dennoch sind die einzelnen Meere, namentlich die mittelländischen an Salzgehalt verschieden. Nach Kotzebue ist der Salzgehalt unter dem Aequator stärker als in mittleren Breiten. Nach v. Humboldt findet sogar ein Wachsen im Salzgehalt statt. Nach Phipps ist dagegen mit der Tiefe selbst bis auf 3800 F. keine Veränderung im Salzgehalte zu bemerken. Es sind viele Analysen des Meerwassers hinsichtlich seiner Bestandtheile vorgenommen worden. Vogel erhielt aus 1000 gr. bis zur Trockene abgedampften Seewassers an festen Bestandtheilen.

Aus dem	Kohlens. Gas	Salzs. Bittererde	Schwefelsaurer Kalk	Kohlens. Kalk- u. Bittererde	Schwefels. Bittererde	Salzs. Natron
Canal 36	0,23	3,50	0,15	0,20	5,78	25,10
atlantischen Meer 38	0,23	3,50	0,15	0,20	5,78	25,10
mittell. Meer 41	0,11	5,25	0,15	0,15	6,25	25,10.

Meerwasser von der englischen Küste gab in 100 Theilen:

Salzsaures Natron	2,490	3,125
Salzsaure Bittererde	0,354	
Schwefelsaure Bittererde	0,081	
Schwefelsaures Natron	0,103	
Schwefelsauren Kalk	0,097	

Aehnliche Resultate erhielt Marcet. Nach Wollaston ist auch schwefelsaures Kali und freies Kali darin enthalten. Bei seinen spätern Analysen fand Marcet einen merklichen Antheil kohlensauren Kalkes im Meerwasser, woraus die große Production der Schaalthiere erklärlich wird. Nach Websters Analyse enthält das Seewasser an den nordamerikanischen Küsten in einer Pinte in Grains: 16,1 Schwefelsäure; 2,4 Kalk; 13,6 Magnesia; eine Spur von Eisen; 95 Natron; 96,8 Salzsäure; Total 223,9 Grains. Im Mittel kann man den Salzgehalt desselben zu 3,5 pCt. annehmen.

Im Mittel hat das Meerwasser ein spec. Gewicht = 1,026. Marcet hat gefunden, daß wenig Abweichungen von dem mittleren spec. Gewichte sowohl in den verschiedenen Tiefen als in den verschiedenen Meeren stattfinden. Er gibt das Mittel = 1,0281 und sagt, daß das spec. Gewicht unter dem Aequator etwas größer als in höhern Breiten, auf der nördlichen Halbkugel etwas größer als auf der südlichen sei. Nach Horner ist das spec. Gewicht bei 12°,5 im Mittel = 1,027; nach Gay Lussac bei 8° = 1,0286; nach Fischer 1,027. Nach Beobachtungen auf Kotzebues Reise war zwischen 25° nördlicher Breite und 25° südlicher Breite das spec. Gewicht im Mittel = 1,0288, zwischen 50° und 65° nördlicher Breite aber = 1,0245.

Die Farbe des Meerwassers ist schwach grünlich (meergrün). Es erhält dieselbe von den verschiedenen in dasselbe aufgelösten Substanzen. Diese Farbe zeigen besonders die Wellen, welche beim Sturme an das Vordertheil eines schnellsegelnden Schiffes anschlagen. Sehr häufig geht diese Farbe aber durch den Wiederschein der Luft und der Wolken verloren, eben so durch die Brechung der Sonnenstrahlen, durch die Beschaffenheit des Grundes und der nahen Küsten und durch unbekannte Ursachen. Nach Parrot erscheinen, wenn die Sonne hinter dem Beobachter steht, die entfernteren Theile des Meeres dunkelblau, und der Rand desselben am Horizonte ist beinahe schwarz. Nach Catteau-Calleville hat in der schönen Jahreszeit das Wasser der Ostsee bei hellem ruhigen Wetter eine ganz hellblaue Farbe. Vom Ufer aus erscheint es nach Flörke zuweilen ganz dunkelblau. Humboldt hat bemerkt, daß das Meer der Tropen von einem stärkeren und reineren Blau sei, als die Meere in hohen Breiten, welches wohl von dem im Meere sich spiegelnden Himmel herrührt. Doch bemerkt Humboldt, daß nicht immer der

Himmel einen Einfluß auf diese Farbe habe, indem sie sich oft bei ganz heiterem Himmel und ohne daß man eine Veränderung in der Atmosphäre bemerke, bedeutend ändere. Mitten in dem weiten Becken des tropischen Weltmeeres gehe das Wasser vom Indigblau ins dunkelste Grün und von diesem ins Schiefergrün über, ohne daß man diese Veränderung dem Blau des Himmelsgewölbes oder der Farbe der Wolken zuschreiben könne. Dagegen bleibe das Meer oft blau, wenn auch bei schönem Wetter mehr als $\frac{4}{5}$ des Himmels mit leichten, weißen und zerstreuten Wolken bedeckt seien. Humboldt äußert sich über die wechselnde Farbe des Meeres: Die Wellen, beweglichen und geneigten Spiegeln ähnlich, werfen fortschreitend die Wolken und die Tinten der Luft von Zenith bis zum Horizont zurück. Die Bewegung der Oberfläche des Wassers verändert die Menge des Lichtes, welches gegen die unteren Schichten dringt, und man sieht ein, daß diese schnellen Veränderungen des Durchganges der Lichtstrahlen, welche so zu sagen, wie Veränderungen der Undurchsichtigkeit wirken, die Farbe des Oceans verändern müssen, wenn sie sich mit andern uns noch unbekannten Ursachen vereinigen. — Bei ruhigem durchsichtigem Wasser wird die Farbe häufig von der Beschaffenheit des Grundes bestimmt. Bei Vera Cruz im mexikanischen Meerbusen hat das Meer eine weiße Farbe von den Kalkfelsen auf seinem Grunde und bei den maldivischen Inseln hat das Meer eine dunkle Farbe von den Steinkohlenbänken auf seinem Grunde. Merkwürdig sind gewisse Einzelheiten. Als Des Pages auf der Höhe von Spitzbergen im nördlichen Eismeere war, fand er das Wasser in verschiedenen Gegenden von Strecke zu Strecke schwarz, an Stellen, wo man keinen Grund entdeckte. Er erfuhr später, daß diese Farbe nur in den Monaten April und Mai wahrzunehmen sei, und daß die nämlichen Stellen im Juli und August weiß erscheinen. Thomas Smith fand 1768 auf seiner Reise nach Constantinopel das Wasser in einer gewissen Gegend himmelblau, und wenn die Sonne darauf schien, purpurroth. Bladh sah am 27. Junl 1772 bei Sumatra im ostindischen Meer das Wasser mit rothen Streifen und Flecken bedeckt. Das ausgeschöpfte Wasser im Glase war zwar hell, enthielt aber eine Menge lichtgrauen Schlammes, welcher aus feinen Fäden bestand, und getrocknet schön cochenillroth wurde. Bladh vermuthete, daß dieser Schlamm dem Wasser während der Fluth beigemischt worden, wo es die Küsten bis zu einer ansehnlichen Höhe bedeckte. Eine ähnliche Erscheinung beobachtete der nämliche Seefahrer auch in der Nähe der Küsten von China. Das Wasser war weniger roth und jener Pflanzen-Schlamm dünner darauf gesäet, aber feiner zertheilt. Auch später bei Madagascar und dem Vorgebirge der guten Hoffnung zeigten sich dergleichen rothe Stellen und Streifen des Meeres, welche gleichfalls von Pflanzentheilchen herzurühren schienen. — Sehr merkwürdig war eine Erscheinung, welche James Prior am 4. April 1811 in dem indischen Ocean zwischen Madagascar und den Sechellen beobachtete. „Abends gegen 8 Uhr" — sagt er — „wurde, so weit das Auge reichen konnte, das Meer fast plötzlich wie Milch, oder besser einer dicken Auflösung von Kalkwasser ähn-

lich. Die Oberfläche war ganz spiegelglatt; auch fand sich dabei nicht die geringste Spur jener leuchtenden oder phosphorischen Erscheinung, die man oft zur Nachtzeit, wenn die See in Bewegung war, bemerkt hat. Dieß dauerte mehre Stunden fort; der Himmel war um die Zeit äußerst heiter, und bei der Stille des Abends mußte dieser Vorfall eine unbeschreibliche Wirkung haben. Zugleich bemerke ich, daß nicht die geringste Eigenheit im Wasser, welches wir häufig heraufzogen und untersuchten, wahrzunehmen war." James Prior bemerkte diese nämliche Erscheinung einige Monate später, am 7. August, in der Nachbarschaft der Nordwestküste von Neuholland. Hier zeigte sich indeß etwas, das auf die Spur einer Erklärung des Räthsels leiten konnte. Das Wasser, welches man auf das Schiff zog, enthielt eine kleine, kaum bemerkbare Menge eines feinen faserigen Stoffes, der indessen völlig durchsichtig war. Prior bemerkt nun freilich, daß man dieß überall sehen könne, wo viel Meergras wächst, vermuthet aber dennoch, daß eher dieß, als irgend eine Eigenthümlichkeit der Atmosphäre, der Grund jener Erscheinung sein möge: denn ungeachtet das Wetter dasselbe geblieben, habe sich doch die milchichte Farbe weiterhin nicht wieder eingestellt, und als Beweis, wie ungewöhnlich diese Erscheinung sei, führt er den Umstand an, daß seine Leute (also englische Seefahrer!) darüber in große Besorgniß gerathen seien. — Zuweilen ist eine unzählbare Menge von einer gewissen Gattung kleiner Seekrebse im Stande, der Oberfläche des Meeres ein rothes oder auch braunes Ansehen zu geben. Man hat dergleichen namentlich an den Küsten von Brasilien bemerkt, z. B. Genet im Jahre 1700 und neuerlich Otto v. Kotzebue, am 7. December 1815. „Wir bemerkten" — sagt dieser — „auf der Oberfläche der See einen schlangenförmigen Weg von dunkelbrauner Farbe, ungefähr ein paar Faden breit, der sich so weit erstreckte, als das Auge reichte. Im ersten Augenblicke hielt ich diese Erscheinung für eine Untiefe; doch bei der Untersuchung fanden wir, daß dieser Weg durch eine unzählige Menge kleiner Krebse und den Samen einer Pflanze gebildet war, die sich, wie unsere Naturforscher behaupteten, auf dem Grunde des Meeres erzeugt." Eben so sah auch Byron, auf seiner Fahrt von Rio Janeiro nach Port Désiré, am 14. Nov. 1764 die See an einer Stelle so roth wie Blut, und die Ursache war gleichfalls eine unzählige Menge kleiner krebsähnlicher Schaalthiere. Auch Dampier schreibt die rothe Farbe des Meeres zwischen Cap Corrientes und den Sebaldsinseln, an der Südspitze von Amerika, kleinen Krebsen zu. Tremarec sah an den norwegischen Küsten das Meer von kleinen Fischen roth gefärbt. — Das gelbe Meer bei China hat diesen Namen von seiner gelben Farbe, welche es von der ungeheuern Menge gelben Schlammes erhält, den ihm der gelbe Fluß (Hoang-ho) zuführt. Die Schiffe lassen hier, bei 6 Faden Tiefe, halbe Meilen weit hinter sich Spuren dieses gelben Schlammes in der Richtung ihrer Fahrt auf der Oberfläche des Wassers zurück. Alle Wirbel und Meeresströmungen werfen in diesem Meere bis zu den Chusaninseln hinab und bis Korea hinauf, gelben Schlamm, selbst aus Tiefen von 600 bis 700 Fuß empor. Es läßt sich denken, daß die

Menge dieses Schlammes hier ungeheuer sein müsse. Nach **Barrow's** Berechnung gießt der gelbe Fluß in jeder Stunde eine Masse von mehr als 418 Millionen Körperfuß (Kubikfuß) Wasser in das Meer. Wenn darunter auch nur $\frac{1}{200}$ Schlamm aufgelöst sein sollte, so würden stündlich 2 Millionen und folglich in einem Tage 48 Millionen K. F. Schlamm dem Meere zugeführt. Bei Annahme einer mittleren Tiefe des gelben Meeres von 120 Fuß würde diese Masse innerhalb 70 Tagen darin eine Insel von einer englischen Flächenmeile aufzuhäufen im Stande sein. — Andere Meere, wie das **rothe**, das **schwarze**, das **weiße** rc. haben diese Benennungen nicht von besondern Farben ihres Wassers, sondern aus andern Ursachen erhalten. Das rothe Meer erscheint zwar an mehren Stellen roth, welches von dem Wiederscheine der Korallenklippen herrührt, aber eben so viele andere Stellen erscheinen auch grün und weißlicht, von dem Schlamm, mit dem sie überzogen sind u. s. w. **Lobo** schreibt die rothe Farbe einzelner Stellen des rothen Meeres einer Gattung von Meerpflanzen zu, und behauptet, daß die Farbe seines Wassers an sich selbst von der Farbe des Weltmeeres nicht unterschieden sei. Das schwarze Meer soll seinen Namen von ehemaligen Umwohnern, welche schwarze Kleidung trugen, erhalten haben.

Das Meerwasser hat an manchen Orten einen sehr großen Grad von **Durchsichtigkeit**, z. B. bei den westindischen Inseln. In einem Bote hat man daher den herrlichsten Anblick, indem man sich über einer anscheinend krystallhellen Flüssigkeit befindet, und auf dem weißen Sande des Bodens jede Kleinigkeit sehr deutlich wahrnimmt, als Seeigel, Gewürme, Schnecken u. s. w., ganze Waldungen, Seepflanzen, Gorgonien, Corallen und Alcyonien, welche wegen der Refraction so nahe zu seyn scheinen, daß man bei einer Entfernung von 6 bis 24 Fuß dieselben mit der Hand ergreifen möchte. Ja man sieht nach **Horsburgh** dort den Meeresboden noch deutlich in einer Tiefe von 15 bis 20 Faden, wenn er aus vielfarbigen Corallen, oder aus Sande mit Corallen vermischt besteht. In verschiedenen Theilen der indischen Meere unterscheidet man den Grund selbst noch tiefer, z. B. bei Mindora die gefleckten Corallen in 20 Faden Tiefe. Hieraus ist es erklärlich, daß wegen nicht zu starker Absorption des Lichtes durch das Wasser die convexen Linsengläser der Taucherglocken in 25 F. Tiefe noch als Brennlinsen wirken. Eigends auf dem Schiffe Coquille angestellte Versuche über die Durchsichtigkeit des Meerwassers bestanden darin, daß man ein weißes Bret in horizontaler Lage herabsenkte, und die Tiefe maß, bei welcher es unsichtbar wurde. Dieses fand statt bei der Insel Waigion in 59 F. Tiefe und bei ganz heiterem Himmel in 75,3 Fuß; bei Port Jackson in 38,3 F.; bei Neuseeland in 35 F.; bei Ascension zwischen 28 und 36 F. Tiefe.

Zu den merkwürdigsten und interessantesten Naturerscheinungen gehört das sehr oft beobachtete **Leuchten** des Meerwassers. Es rührt von verschiedenen zum Theil noch sehr ungewissen Ursachen her. Am häufigsten ist die in den verschiedensten Meeresgegenden beobachtete Erscheinung, daß, wenn ein Schiff bei der Nacht mit starkem Winde fährt,

die Spur, welche es im Wasser hinter sich zurück läßt, das Kielwasser, zuweilen einen hellen Glanz von sich gibt, der sich aber in der Regel nur den nächsten Wellen mittheilt, die sich in schiefer Richtung gegen das Kielwasser brechen. Dieß Leuchten wird besonders durch den Nordwind begünstigt, Südwinde und feuchte Witterung sind ihm entgegen. Die Erscheinung findet nur an der Oberfläche des Meeres und niemals tiefer als das Schiff geht, statt. In der Ostsee kommt sie zu allen Jahreszeiten und namentlich in den Meerengen und Meerbusen vor. Es deutet dieselbe auf folgendes veränderliches, trübes und stürmisches Wetter und den Fischern ist sie Zeichen eines guten Fischfanges.

Von anderer Art ist ein Leuchten des Meerwassers, welches nur in wärmeren Himmelsstrichen vorkommt, bei Windstille, heißem Wetter und kleinem Wellenschlage. Dann scheint die ganze Oberfläche des Meeres so weit das Auge reicht in Brand zu stehen, und dieser Glanz ist in der Nähe der Schiffe und anderer bewegten Gegenstände noch erhöht, und zwar um so stärker, je gleichförmiger die Bewegung des Wassers ist. Wenn man eine Tonne mit solchem leuchtenden Wasser füllt, so wird es allmählig dunkler wie das Schwanken aufhört, leuchtet aber bei jeder starken Erschütterung von Neuem. Bewegt man es mit den Finger so scheint an diesem das Licht einige Augenblicke zu heften, verschwindet aber zuletzt gänzlich. Nach Parrot ist indeß dieser letztere Zustand des Leuchtens nur ein durch die höhere Temperatur gesteigerter wie der vorerwähnte.

Bei einer dritten Art des Leuchtens ist das Meer nicht nur an seiner Oberfläche, sondern auch in der Tiefe leuchtend, so daß man des Nachts im Wasser andere Gegenstände erblickt, welche zugleich selbst leuchten. Wenn man von diesem Wasser in ein Gefäß schöpft, so sieht man, in der Nähe betrachtet, daß der Glanz von unzähligen, unter sich nicht zusammenhängenden Punkten ausgeht, welche sich unter dem Mikroskope als kleine Thierchen darstellen. Wenn man das leuchtende Wasser durch Löschpapier seiht, so verliert es seinen Glanz, indem die leuchtenden Thierchen an dem Papiere hängen bleiben, und nun dieses leuchtend machen. Forster gibt eine nähere Beschreibung dieses Phänomens, welches er 1772 in der Nähe des Caps der guten Hoffnung beobachtete. „Kaum war es dunkel geworden“ sagt er „so schien die See gleichsam überall in vollem Feuer zu stehen; jede Welle die sich brach, hatte einen leuchtenden Saum, und wo das Schiff die See berührte, zeigten sich Streifen von phosphorischem Lichte. So weit das Auge in die Ferne reichte, stellte sich uns überall dieselbe Erscheinung dar, und selbst die Abgründe des unermeßlichen Oceans schienen mit Licht geschwängert. Große leuchtende Körper, die wir aus der Gestalt für Fische erkannten, schwammen um uns her. Einige näherten sich dem Schiffe und hielten denselben Strich, andere entfernten sich seitwärts, schnell wie Blitze; zuweilen näherten sie sich unter einander, und traf sichs, daß ein kleiner einem großen zu nahe kam, so kehrte jener eilends zurück, und suchte auf alle Art zu entkommen. Ich ließ einen Eimer voll dieses leuchtenden Wassers zur nähern Untersuchung herauf.

ziehen, und fand darin unzählige, ganz kleine leuchtende Kügelchen, welche sich unglaublich schnell bewegten. Nachdem das Wasser eine Zeitlang ruhig gestanden hatte, schien die Zahl der leuchtenden Körperchen merklich verringert. Kaum aber rührte oder bewegte man wieder das Wasser, so ward es wieder hell, und die kleinen Funken fuhren darin sehr lebhaft in allerlei Richtungen umher, auch selbst nachdem es wieder allmählig still geworden war. Wir hatten den Eimer, vermittelst eines Stricks, von der Decke herabhängen lassen, um die Bewegung des Schiffes zu vermeiden und das Wasser recht ruhig werden zu lassen; demohngeachtet bewegten sich diese Lichtstäubchen hin und her, so daß man von ihrer willkührlichen Bewegung überzeugt ward. Das Funkeln verstärkte sich aber, so oft man in dem Eimer mit der Hand oder mit einem Stecken rührte. Im ersten Falle blieb zuweilen ein solches phosphorisches Fünkchen am Finger sitzen; kaum war es so groß als der kleinste Nadelkopf. Das geringste Vergrößerungsglas gab die kugelförmige Gestalt und etwas bräunliche Farbe dieser gallertartigen, durchsichtigen Pünktchen zu erkennen. Unter dem Mikroskop entdeckte man eine sehr feine Röhre, welche von einer runden Mündung an der Haut ins Fleisch, oder in das Innere dieses kugelrunden Geschöpfs ging. Das Eingeweide bestand aus vier bis fünf ganz kleinen Säcken, welche mit der obenbenannten Röhre in Verbindung zu stehen schienen. Das stärkste Vergrößerungsglas zeigte nicht mehres, sondern obiges nur noch deutlicher. Ich wünschte nun noch eines dieser Pünktchen in einem Wassertropfen unter das Mikroskop zu bringen; allein ich konnte kein lebendiges mehr bekommen; ehe ich sie mit den Finger ablösen konnte, starben sie wegen ihrer äußerst zarten Struktur.“ Die Beobachtungen Forsters sind von andern Naturforschern bestätigt worden, nur haben einige andere Thierchen als Ursache des Leuchtens entdeckt.

Die erste Art des Leuchtens hat man vielfach als ein elektrisches Phänomen angesehen, hervorgebracht durch die Reibung des Schiffes am Wasser. Buffon stellte in dieser Beziehung eigene Versuche an. Er goß Meerwasser in ein Gefäß, und bemerkte, daß unter allen Körpern, deren er sich bediente, um eine Reibung hervorzubringen, Metalle die meisten Funken verursachten. Thierische Körper wirkten weniger als Eisen, aber mehr als Holz; das Glas brachte fast keine Wirkung hervor. Sobald er das Meerwasser mit einer Degenklinge in Bewegung setzte, so glänzte es plötzlich von einer großen Menge rother Funken, welche aus der Klinge herauszuschießen schienen und mit einander verschwanden. Dieses Funkensprühen ward indeß bei länger fortgesetztem Reiben des Wassers allmählig geringer und verschwand zuletzt. Ließ aber Buffon das Wasser einige Zeit ruhen, und fuhr nun von neuem mit der Klinge hinein, so ließen sich wieder Funken sehen, aber nicht mehr so zahlreich und glänzend, als da das Wasser frisch aus dem Meere gekommen war.

Le Roy leitet die zweite Art des Leuchtens von einem öhlichten phosphorartigen, flüssigen Stoffe ab, welcher sich über die Oberfläche des Wassers verbreite, und bei Berührung mit der atmosphärischen Luft sich entzünde. Dieser Stoff soll ein Product der verwesenden See-

thiere im Wasser sein, und die Sonnenhitze soll diese Verwesung befördern. Canton und Forster stellten eigene Versuche in dieser Beziehung an, indem sie mehre Arten Fische in Seewasser und mit Salz versetztes Süßwasser legten und sie darin in Fäulniß übergehen ließen. Wurde nun das Wasser umgerührt, so ward es leuchtend, bei einem Heringe z. B. in der dritten Nacht so stark, daß man die Stellung der Zeiger einer Uhr dabei erkennen konnte. Große Wärme beförderte die Fäulniß und das Leuchten. (Ueber das Leuchten in Verwesung übergehender Seethiere s. d. Art. Licht S. 345. ff.). Parrot bestreitet diese Erklärung und leitet beide, die erste und zweite, Arten des Leuchtens des Meerwassers von gephosphortem Wasserstoffgas ab, welches sich aus den faulenden Thieren erzeugen soll, und sich nur unter günstigen Umständen, bei einer hinreichenden Menge der entwickelnden Körper und bei Aufregung des Wassers in so großer Menge an die Oberfläche des Wassers erhebt, daß es sich hier bei seiner Entzündung an der Luft dem Auge als Feuererscheinung bemerklich macht.

Da in Ruhe stehendes Meerwasser sehr bald in Fäulniß übergeht, so muß man als Grund des Nichtfaulens des Meeres die Bewegungen ansehen, welche dasselbe fortwährend erfährt. Der Grund der Fäulniß sind übrigens die im Meerwasser aufgelösten thierischen und vegetabilischen Stoffe, wie man daraus sieht, daß künstliches Seewasser, Auflösung von Salzen nicht in Fäulniß übergeht. Uebrigens mag das Meer auch darum nicht faulen, weil in der großen Wassermenge ein verhältnißmäßig nur geringer Theil organischer Stoffe enthalten ist. Die Bewegungen sind theils regelmäßig theils unregelmäßig; die letzteren werden namentlich nur durch die Ströme und Winde hervorgebracht. Zu den merkwürdigsten, regelmäßigen Bewegungen des Meeres gehört die Ebbe und Fluth, von welcher ein eigener Artikel handelt. Zu den regelmäßigen Bewegungen des Meeres gehören ferner die Strömungen welche zum Theil ununterbrochen, zum Theil periodisch, zuweilen abwechselnd in entgegengesetzter Richtung sich ergießen.

Am wichtigsten und großartigsten ist der Oststrom oder in der Schifferssprache der Weststrom, die westliche Strömung (holländisch) die Dienung. Derselbe erscheint im großen Ocean unter dem Aequator, indem das Wasser 2 bis 3 Meilen in Einem Tage von Osten nach Westen zurücklegt. Das atlantische Meer strömt auf diese Weise gegen die westindischen Inseln, es zeigt sich eine starke Strömung in der magellanischen Meerenge und in der Straße von Java. Muncke gibt über die Ursache dieser Strömung folgende Erklärung (wozu man den Art. Ebbe und Fluth vergleiche). Als Ursachen dieser Strömung, welche unter dem Aequator westlich, nordwärts von demselben nordwestlich, und südwärts von ihm etwas südwestlicher wird, lassen sich hauptsächlich der beständige Ostwind unter dem Aequator und die täglich zweimal wechselnde Fluth, vorzüglich in Verbindung mit dem Einflusse ansehen, welcher durch den Umschwung der Erde um ihre Axe hervorgebracht wird. Denkt man sich nämlich, wie der Mond (wovon die Anwendung leicht auf die übrigens gleiche, nur etwas geringere Einwirkung der Sonne gemacht werden kann) binnen

etwas über 23 Stunden von Osten nach Westen scheinbar um die Erde läuft, und dabei das Meer so in die Höhe hebt, daß es etwa 25 Stunden nach dem Durchgange jenes durch den Meridian seine größte Höhe erreicht, so folgen hieraus zwei Wirkungen nothwendig. Zuerst muß das Wasser des Meeres hinter dem vorrückenden Monde hergezogen werden, und durch diese fortdauernde Kraft endlich nach dem Gesetze der Trägheit eine eigene Bewegung von Osten nach Westen erhalten. Zweitens aber wird das Gewicht der Wassersäulen an den angezogenen Stellen unter dem Aequator durch diese Hebung geringer werden, die hierdurch erzeugte Umwandlung der runden Erdkugel in die elliptische Form muß sich auch nach den Polen hin erstrecken, und der Druck des Wassers daselbst unter denjenigen Meridianen, unter welchen die Fluth ihr Maximum erreicht hat, also zunehmen. Hierzu kommt, daß das Meer in der heißen Zone unglaublich stark verdunstet, der erzeugte Wasserdampf durch Luftströmungen nach den Polen hin abfließt, und in nördlicheren Gegenden als Hydrometeore wieder herabkommt, wodurch also die Masse des Meerwassers dort unausgesetzt vermindert, hier dagegen vermehrt wird. Aus beiden genannten Ursachen muß nothwendig ein stetes Strömen des Wassers von den Polargegenden nach dem Aequator stattfinden. Hätte die Erde keine Umdrehung um ihre Axe, so würde die Bahn dieser Strömungen mit den Meridianen zusammenfallen; nehmen wir aber an, daß ein unter dem Pole befindliches, an der Rotation der Erde nicht theilnehmendes Wassertheilchen in einer unmeßbar kleinen Zeit oder plötzlich unter den Aequator gelangte, so würden sich die äußersten Punkte der Erdoberfläche mit ihrer Rotationsgeschwindigkeit unter ihm hinbewegen und es daher selbst, da uns die Oberfläche der Erde zu ruhen scheint, sich mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 1400 Fuß in einer Secunde von Osten nach Westen bewegen. Es muß daher jedes Wassertheilchen, welches von den Polargegenden dem Aequator zuströmt, eine so viel schnellere Bewegung von Osten nach Westen erhalten, je mehr und je schneller es sich dem Aequator nähert, durch seine Adhäsion an die übrigen Wassertheilchen aber, welche an dem Umschwunge der Erde um ihre Axe bereits Theil nehmen, so viel mehr verzögert werden, je länger es mit ihnen in Berührung bleibt, oder je längere Zeit es gebraucht, um aus höheren in niedere Breiten zu gelangen. Beide vereinte Ursachen also, nämlich die stets von Osten nach Westen umlaufende Fluth und die Strömungen von Norden und Süden nach dem Aequator hin, ertheilen dem Wasser unter der Linie die angegebene westliche Strömung. Letztere, welche in der Südsee, in dem Meere zwischen Asien und Afrika und im atlandischen Ocean in ihrer ganzen Stärke wahrgenommen wird, zugleich aber durch die Größe und Richtung der Meeresküsten bedingt sein muß, ist von wichtigen Folgen für die Temperatur und klimatische Beschaffenheit der verschiedenen nicht bloß Inseln, sondern noch mehr der ausgedehnten Continente, und erzeugt und bedingt zugleich die größten Meeresströme. (Vergl. d. Art. Klima.)

Es gibt eine sehr große Anzahl an Größe, Richtung, Geschwindigkeit, und Stärke verschiedener Meeresströme. Sie liegen in verschie-

denen Tiefen und es gibt solche, welche sich kreuzen, oder sogar in direct entgegengesetzten Richtungen sich ergießen. So z. B. ist gewiß, daß ein Strom vom atlantischen Meere durch die Meerenge von Gibraltar ins Mittelmeer sich ergießt. Dieser Strom liegt zu Tage. Man hat aber auch viele Ursachen anzunehmen, daß ein gerade entgegengesetzter Strom unterhalb des sichtbaren durch die Meerenge von Gibraltar vom Mittelmeer in das atlantische gehe. Ohne dieß müßte eine zunehmende Anhäufung des Wassers im Mittelmeere stattfinden. Oder wenn man auch annimmt daß eben so viel Wasser an der Oberfläche des Mittelmeeres verdunste, als Wasser ihm zugeführt werde, so müßte eben diese Verdunstung, sobald kein Abfluß stattfindet, eine fortwährende Zunahme des Salzgehaltes des Mittelmeeres zur Folge haben, welche nicht zu bemerken ist. Ueberdieß strömt im Allgemeinen das Mittelmeer von Osten nach Westen. Für die Existenz des westlich gehenden Unterstromes in der Meerenge von Gibraltar führt man noch an, daß 1712 ein holländisches Schiff von einem französischen mitten im Canale in den Grund gebohrt worden sei, davon die Trümmer im atlantischen Meere zum Vorschein gekommen wären. — Zu den wichtigsten Meerströmen gehört der Golfstrom. Derselbe entsteht dadurch, daß die große Wassermenge des atlantischen Oceans die angeführte westliche Strömung wegen der entgegenstehenden Küsten von Amerika nicht fortzusetzen vermag. Das Wasser wird im mexikanischen Meerbusen aufgefangen und mit einer Geschwindigkeit, die derjenigen mit der es anprallt proportional ist, in der Richtung nach Nordost zu den europäischen Küsten zurückgedrängt. Nach Humboldt hat der Golfstrom eine Geschwindigkeit von 20 Meilen in 24 Stunden, oder 5 F. in Einer Secunde, welches fast noch einmal so schnell als die mittlere Geschwindigkeit großer Flüsse ist. An der Ausfahrt des Canals von Bahama wendet er sich unter dem Namen Strömung von Florida nach Nordost mit der Geschwindigkeit eines Waldstromes von 1,25 Meilen in 1 Stunde oder 8 F. in 1 Secunde. In der Nähe von Newyork, Philadelphia und Charlestown ist er durch die höhere Temperatur (welche an den heißesten Stellen 28° C. betragend als eine Folge nicht bloß der Erhitzung des Wassers unter der Linie sondern zugleich der Vulcanität der Antillen betrachtet werden muß), seine dunkle Farbe, den starken Salzgehalt und die Menge Varec, welche er führt, kenntlich. Nach Norden hin wird er breiter, kälter und langsamer. Bei Bahama ist er fast 4 Meilen, gegen Charlestown über 10 bis 12 Meilen breit, und legt etwa 1 Meile in 1 Stunde zurück. Unter 40° N. B. ist seine Temperatur noch 22,5° C., die des Meeres aber 17,5° und seine Breite wieder 20 Meilen. Auf diese Weise strömt er, indem sein Wasser sich stets mehr ausbreitet, bis nach den Faröer-Inseln, den irländischen und norwegischen Küsten, wie man aus der Menge des daselbst ankommenden Treibholzes wahrnimmt. Von großem Nutzen ist der Golfstrom für die Bewohner der holzarmen Gegenden im Norden Europas durch die große Menge Treibholz, welche er aus den amerikanischen Flüssen mit sich führt. Da der Golfstrom eine große Menge Wassers aus den Aequatorealgegenden in die nördlichen

europäischen Gegenden führt, hat man hieraus die auffallend höhere Temperatur dieser Gegenden in Vergleich mit andern unter gleichen Breiten liegenden abgeleitet. *) Aus der Lage und Beschaffenheit der Länder um den Nordpol hat man ferner nachzuweisen gesucht, daß die durch den Golfstrom zusammengedrängte Wassermasse eine Strömung an den norwegischen Küsten hin in das sibirische Polarmeer erhält, und durch Anhäufung des Wassers daselbst die starke Strömung durch die Beringsstraße, und selbst aus der Baffingsbay veranlaßt, woraus dann wieder die Strömungen des kalten Polarwassers an den Küsten von Grönland und Nordamerika erklärlich werden. — Ein bedeutender Meerstrom geht von St. Catharina nach Brasilien und dann zum Vorgebirge der guten Hoffnung. — Ein 130 Seemeilen breiter Strom ist an der Südostküste Afrika's. Das Wasser desselben ist stets 10° wärmer als das Wasser des Meeres in seiner Nähe. Er geht dann in den großen Weststrom und von diesem in den Golfstrom über. — Ein mächtiger Strom geht vom grünen Vorgebirge nach dem Meerbusen Fernando-Po, mit demselben legen die Schiffe 60 Seemeilen in 2 Tagen zurück, wozu sie gegen denselben 6 bis 7 Wochen brauchen. — An der Küste von Peru herrscht von Chiloé an eine so heftige Strömung von Nord und Nordost, daß man von Lima nach Guayaquil in 3 bis 4 Tagen schifft, während man 2 bis 5 Monate braucht, um von hier nach Lima zurückzuschiffen. — Bei der Insel Ceylon geht ein Meerstrom von Mitte März bis in den October von Norden nach Süden, die übrige Zeit in entgegengesetzter Richtung. — Zwischen Malacca und Cochin geht vom April bis August ein Strom ostwärts, dann aber mit solcher Heftigkeit nach Westen, daß das Meer braust, als wenn sein Wasser gegen Felsen anprallte. Der schnelle Strom in der Sunda-Straße bei Sumatra geht zur Zeit der Westwinde 18 Stunden nach Südwesten und hilft dann den Schiffen gegen die Winde fort; zur Zeit der Ostwinde aber zieht er eben so lange nach Osten. In den übrigen Monaten gehorcht er dem herrschenden Winde. Unweit Celebes gibt es nach verschiedenen Richtungen ziehende und veränderliche Ströme; bald laufen sie süd-, bald nordwärts, bald verschwinden sie ganz. An der westlichen Küste Südamerikas gehen die Strömungen von Süden nach Norden. Von Morro de Puercos bis Malpelo gehen sie nach Südwesten und Westen, und von da nach St. Francisco, so lange Nordwinde herrschen, gegen Süden und Südwesten. Bei Südwinden erhalten sie eine nördliche und nordwestliche, von S. Francisco nach Malpelo eine östliche, und von hier nach Morro de Puercos eine nordwestliche und westliche Richtung. — Aehnliche Doppelströmungen wie die oben angegebene bei Gibraltar kommen mehrfach vor, so im Bosporus (bei Constantinopel) im Bab el Mandeb (am Eingange des rothen Meeres) und im Sunde. Man erzählt folgenden Vorfall: Matrosen von einer englischen Fregatte fuhren in einer leichten Pinasse mitten in den Sund, indem das Fahrzeug der ge-

*) S. den Art. Erde und Klima.

wöhnlichen Strömung folgte. Als sie aber einen ledernen Eimer, worin sich eine große Kanonenkugel befand, in das Wasser hinabließen, so hielt die Pinasse allmählig still, und fuhr endlich, wie der Eimer immer tiefer kam, gerade gegen die Strömung. Es ergab sich bei genauer Untersuchung, daß die untere entgegengesetzte Strömung in einer Tiefe von 4 bis 5 Faden bemerkbar zu werden anfing, und daß sie immer mehr zunahm, je mehr man sich dem Grunde näherte. Bemerkenswerth sind noch die Seitenströmungen, welche in manchen Meerengen, z. B. in der von Gibraltar, von den Seiten der Ufer dem Hauptstrom entgegengesetzt auftreten. Als Ursache aller Meerströmungen ist hauptsächlich der große Oststrom zu betrachten. Ueberdieß sind periodische Winde, ungleiche Temperatur des Meeres (wodurch eine gewaltige Ausdehnung des wärmeren Theiles bedingt wird), Klippen und Meerengen, der ungleiche Wasserstand mittelländischer Meere und der durch die Verdunstung bewirkte größere Salzgehalt (welcher größere Schwere des Wassers zur Folge hat) als Ursachen der verschiedenen Meerströme zu betrachten. Die Schiffe suchen natürlich von den Meerströmen Vortheil zu ziehen, doch erleiden sie auch große Nachtheile durch dieselben, namentlich wenn sie gegen den Strom segeln müssen. Sind sie in einem reißenden Strome, wie dem bei Peru, nur um einen Tag zu weit bei den Hafen, nach dem sie bestimmt sind vorbei gesegelt (indem Nebel, die häufig namentlich an jener Küste sind, sie täuschen) so haben sie zuweilen einen Monat lang zu thun um denselben Weg wieder zurückzulegen. Ob sich das Schiff in einem Strome befindet, kann man nur bei sehr reißenden Strömen alsbald bemerken. Denn sobald Schiff und Strom mit gleicher Schnelligkeit zugleich forteilen, ohne daß ein Brausen des Meeres zu bemerken ist, so scheinen beide auf den ersten Anblick still zu stehen. Die Schiffer bedienen sich daher um zu entdecken, ob sie sich in einer Strömung befinden des Log's *)

*) Horner gibt folgende Beschreibung des Log. Vom segelnden Schiffe wird ein schwimmender Körper an einem langen Faden ausgeworfen; dieser ist dann als ein ruhender Punkt zu betrachten, von welchem das Schiff sich entfernt; der nachgezogene Faden mißt diese Entfernung für einen gegebenen Zeitraum, z. B. eine halbe Zeitminute, und aus diesem kurzen Versuche wird dann auf die Ortsveränderung des Schiffes in einer ganzen Stunde ein freilich sehr unsicherer Schluß vom Kleinen aufs Große gemacht. Der schwimmende Körper oder das Log selbst ist ein hölzerner Quadrant von 4 bis 6 Zoll Radius, an dessen Kreisrand A B Fig. 308. ein Streifen Blei eingelassen ist, so schwer, daß die Spitze C, nur eben aus dem Wasser heraus ragt. In A und B sind zwei Schnuren befestigt, die in D sich gabelförmig vereinen; die dritte Schnur CD ist mit dem Pflocke C in Verbindung, der nicht allzufest in das Logbret eingesteckt ist. Alle drei vereinigen sich in die Logleine. Vermöge des Bleirandes schwimmt das Logbret aufrecht und setzt mithin dem Wasser in der Richtung des Zuges die größte Fläche entgegen. Ein plötzliches Anhalten der Linie nach gemachter Beobachtung bringt auf die Schnur CD einen schnel-

indem sie den in gewisser Zeit wirklich zurückgelegten Weg (nach astronomischen Beobachtungen berechnet) mit dem vom Log angezeigten vergleichen. Bewegt sich nämlich das Schiff allein unter dem Einflusse eines Stromes so wird sich das Log in derselben Entfernung vom Schiffe erhalten, denn es wird ebensowie dieses vom Strome fortgetragen. Wirkt aber der Sturm mit dem Strome zugleich zu Förderung des Schiffes so bewegt sich dieß schneller, als aus der Beobachtung des Log zu schließen ist. Treibt endlich der Wind das Schiff gegen den Strom, so wird es durch diesen aufgehalten und das Log gibt zu große Angaben. Steht endlich das Schiff still und wird das Log ausgeworfen, so geht es natürlich mit dem Strome fort.

Wenn das mit Gewalt fortströmende Wasser auf Felsen trifft, so entsteht ein Wirbel, kreisförmige Bewegung des Wassers, und Stellen wo dieß vorkommt, werden **Strudel** genannt. Auch da wo zwei Meerströme einander entgegen kommen entstehen Strudel. Zu den be-

---

len Ruck hervor, welcher das Zäpfchen auszieht, so daß nun das Logbret flach auf dem Wasser liegt, mithin dem Einziehen desselben wenig Widerstand entgegengesetzt wird. Die Logleine selbst ist hin und wieder durch eingeklemmte Zeichen oder Knoten von farbiger Wolle abgetheilt nach folgenden Regeln. Der mittlere Grad des Erdmeridians hält 57040 Toisen, also eine Erdminute oder die nautische, auch sogenannte italienische Meile 5704 par. Fuß. Ein Schiff welches in einer Stunde Zeit eine solche Meile zurücklegt, hätte also Geschwindigkeit in 1 Min. $= \frac{5704}{60} = 95'$; in einer halben Minute $47\frac{1}{2}$ par. oder nahe 51 engl. Fuß. Nach diesen Intervallen wird die Logleine in Knoten eingetheilt, wobei auch halbe und Viertelsknoten oder besser noch Zehntheile stattfinden. Das erste Zeichen ist um 50 bis 60 Fuß vom Logbrete entfernt, damit vor Anfang der Messung das Log sich hinreichend aus den Strudeln des Schiffes entfernen und die ihm vorher ertheilte Geschwindigkeit verlieren könne. Das Intervall von 30 Secunden wird vermittelst einer kleinen Sanduhr bestimmt. Zur Operation selbst werden drei Personen erfordert. A hält einen leichten hölzernen Haspel, auf welchen die Leine aufgewickelt ist, mit der Axe horizontal, B hält das Sandglas, und der Beobachter C wirft das Log aus, dessen Leine er lose zwischen den Fingern durchgleiten läßt. In dem Augenblicke, wo ihm der Anfangsknoten der Logleine durch die Hand schlüpft, kehrt B auf seinen Ruf das Sandglas um, und gibt hinwieder, wenn dieses abgelaufen ist, dem C ein Zeichen, die Leine anzuhalten. Dieser zählt dann die abgelaufenen Knoten und gibt nach dieser den Weg in Knoten oder Gradminuten an, welchen das Schiff im Laufe einer Stunde zurücklegt. Ein Knoten Fahrt würde demnach dem Schiffe eine Geschwindigkeit von $1\frac{1}{2}$ par. Fuß in der Secunde geben; die gewöhnliche, gemäßigte Bewegung von 4 bis 5 Knoten wäre einer Geschwindigkeit von 7 Fuß gleich. Die bei starkem Winde eintretende Fahrt von 7 bis 8 Knoten würde 11 bis 12 Fuß in der Secunde betragen, so daß man in 24 Stunden wohl 30 bis 40 deutsche Meilen zurück legen kann.

kanntesten, schon im Alterthume berühmten Strudeln gehören die Scylla und Charybdis. Homer, Virgil, Lucrez, Ovid, Aristoteles, Sallust, Seneca, Strabo, Plinius, Mela und andere beschreiben sie als fürchterlich. Entweder die Meerenge ist jetzt weiter, und die Klippen sind mehr weggespült, oder weit wahrscheinlicher macht die bedeutend vervollkommnete Schifffahrt diese Strudel jetzt minder gefährlich. Beide liegen zwischen Calabrien und Sicilien, wo ein regelmäßiger, ruhiger Strom sich findet, welcher abwechselnd nach Süden oder Norden geht. Wird er durch Windstöße gestört, so entstehen durch Ungleichheit der Meeresufer und durch verborgene Klippen die Strudel. Darunter ist Scylla der gefährlichste. Ein längs der nördlichen Küste Siciliens hinfließender Strom begegnet einem andern an der Küste Italiens herabfließenden, und wenn diese heftig bewegt gegen einander stoßen, so vermögen die enstehenden Wellen selbst größere Schiffe zu zertrümmern. Winde, welche an der Küste Italiens herabwehen, vermehren die Gefahr. Scylla selbst bildet einen steilen mäßig hohen, mit Höhlungen versehenen Felsen, in welche die Wellen hineinschlagen, und dadurch ein auf 2 italien. Meilen hörbares Geheule, wie das Bellen der Hunde verursachen. Nach Beschaffenheit des Windes ist die Strömung stärker, und die Schiffe würden entweder gegen den Felsen der Scylla, oder auf die gegenüberliegenden Sandbänke geworfen werden, wenn nicht 24 Lotsen, welche die Strömung sehr genau kennen, die Schiffe mit bewundernswürdiger Geschicklichkeit durchbrächten. Neun italien. Meilen unterwärts bei Messina liegt die Charybdis. Die dortigen Schlünde unter dem Wasser sind Folgen der Strudel, nicht Ursachen derselben, denn sonst müßten diese beständig sein. Ein Theil des durch den Canal getriebenen Wassers strömt gegen den Felsen des Leuchtthurms Calofaro, dem andere Strömungen begegnen, wodurch das Wasser sehr unruhig wird, und Wellen schlägt, durch welche schwimmende Gegenstände nach Außen getrieben werden. In ruhigen Zeiten kann man sie mit kleinen Booten befahren, und Spallanzani fand sie nur 500 F. tief. Wenn aber der Sirocco oder S. O. Wind wehet, so werden die Schiffe von dem Strome hineingerissen, und von den Wellen zerschlagen oder gegen die Felsen geworfen, wenn sie nicht zeitig durch die erfahrnen Lotsen gerettet werden. Anker, Segel und Steuerruder helfen in Scylla und Charybdis selbst dem erfahrensten Seemanne nicht. — Bekannt ist auch der Mahlstrom, Mälstrom, Moskößtrom an der Küste Norwegens. Eine Reihe kleiner Inseln, die Lofoden, zieht sich hier von der Küste abwärts, in westsüdwestlicher Richtung ins Meer hinein, und bildet so gleichsam eine Landzunge, die aber von einer Menge schmaler Kanäle zerschnitten ist. An der äußersten Spitze dieser Landzunge liegen zwei Inseln Wäron (Verön) und Röst (Röston), welche von den übrigen Lofoden durch einen etwas breiten Kanal getrennt werden. In der Mitte desselben steht die Klippe Moskõe. Der zwischen den Lofoden und dem festen Lande befindliche Meerbusen ist unter dem Namen West-Fiorden bekannt. Der Moskõe-Strudel entsteht nun durch den Kampf der dortigen Strömungen mit der Ebbe und Fluth. In jenem Canale

bewegt sich nämlich das Wasser mit einer außerordentlichen Heftigkeit abwechselnd ungefähr sechs Stunden von Norden nach Süden, und eben so lange von Süden nach Norden; aber immer mit der Ebbe und Fluth in entgegengesetzter Richtung, so daß, wenn die Fluth nach Norden geht, der Strom nach Süden und umgekehrt nach Norden zieht, wenn jene nach Süden geht. Bloß bei dem Umsetzen zur Zeit der höchsten Fluth und der tiefsten Ebbe, tritt ungefähr 10 bis 15 Minuten ein Stillstand ein. Merkwürdig ist dabei, daß der Strom nicht, wie andere Meerströme, in der nämlichen Richtung vor und rückwärts läuft, sondern dabei gewissermaßen einen Halbkreis beschreibt. Wenn nämlich das Meer in halber Fluth ist und nordwärts zieht, so geht der Strom nach Süden. In dem Maße aber, als die Fluth wächst, wendet er sich allmählich nach Südwesten, dann nach Westen, hierauf nach Nordwesten und endlich nach Norden. Zur Zeit der halben Ebbe wendet er sich auf demselben Wege nach Süden zurück und verweilt hier so lange, bis das Meer von neuem sich in halber Fluth befindet. Wie diese sonderbare Bewegung des Mahlstromes entsteht, läßt sich auf folgende Art erklären. Wenn die Fluth von Süden nach Norden ansteigt, so theilt sie sich an der Spitze der Lofoden in zwei Hälften. Die eine (westliche) setzt ihren Lauf ungehindert fort, die andere (östliche) aber wird in Osten und Norden durch das Land, in Westen durch die Inseln aufgehalten, wodurch das Wasser ansehnlich gehoben werden muß. Durch die schmalen Bäche zwischen den Inseln kann es nicht ausweichen, es muß sich also dahin wenden, wo der niedrigste Stand ist, nämlich bei der Klippe Moskõe, und da Strömung und Fluth sich hier begegnen, so entsteht daraus ein heftiger Strudel. So lange die Fluth noch schwach ist, hindert sie den Strom nicht, gerade nach Süden zu gehen; aber in dem Maße, als sie wächst, gewinnt sie an Kraft, und zwingt ihn nun, nach derjenigen Seite auszuweichen, wo kein Land Widerstand leistet und das Wasser am niedrigsten ist, nämlich nach Westen. Es ist leicht zu erklären, wie der Strom zuletzt bis nach Norden hin gelenkt werden, und wie er beim Zurückgehen der Fluth sich allmählig wieder nach Süden wenden muß. Die Wirbel, welche der Strom zu der Zeit macht, wo er am heftigsten ist, sind nicht über zwei Klaftern tief, und die Gefahren, welche er den Schiffen bringt, sind in früheren Zeiten gleichfalls sehr übertrieben worden. Man erzählte sich sonst, daß die Wirbel Alles in ihre Mitte rissen und klein mahlten, und daß der Strom eben davon den Namen **Mählstrom** erhalten habe; selbst Walfische und die größten Schiffe dürften sich ihm nicht ohne Gefahr nähern. Dieß ist unwahr. Es wird im Gegentheil hier ein starker Fischfang getrieben. Ein Baum den man hineinwirft soll den Wirbel besänftigen. Daß die Menge von Klippen, besonders zur Zeit der großen Stürme einzelnen Schiffen Gefahr bringen können, ist allerdings nicht zu läugnen, kommt aber nicht auf Rechnung des Strudels. Ein auch schon bei den Alten berühmter Strudel ist der **chalcidische**, in dem Euripus, oder in der Meerenge des griechischen Archipels, welche die vormalige Insel **Euböa** (jetzt Egribus oder Negroponte genannt) von dem festen Lande Grie-

chenlands, namentlich Böotien und Attika (dem jetzigen Livadien) trennte. Sie ist bei der heutigen Stadt Negroponte (dem alten Chalcis), so schmal, daß man eine Brücke darüber schlagen könnte. Achtzehn bis neunzehn Tage in jedem synodischen Monate gibt es hier eine regelmäßige Ebbe und Fluth, die binnen 24 Stunden wie anderwärts zweimal abwechselt. Allein vom 9. bis zum 13., so wie vom 21. bis zum 26. nach dem Neumonde erfolgt die Ebbe und Fluth alle 24 Stunden 12, 13 oder 14 mal, und das Wasser ist dabei in einer so äußerst heftigen und reißenden Bewegung, als ob sie durch den Sturm hervorgebracht würde. Gegenstände, die der Strudel ergreift, werden verschlungen und kommen erst nach einiger Zeit wieder zum Vorschein. Nach diesen Beobachtungen, welche man einem Jesuiten, Namens Babin, verdankt, der sich zwei Jahre lang in Negroponte aufgehalten hat, schien die ganze Erscheinung mit dem Stande des Mondes in den Vierteln in Verbindung zu stehen. Andere Beobachter haben gerade das Gegentheil finden wollen und behaupten, daß die Bewegungen des Euripus 18 bis 19 Tage in jedem (synodischen) Monate unregelmäßig, 10 bis 11 dagegen regelmäßig wären. Noch andere behaupten, während eines ganzen Monates gar keine Unregelmäßigkeit im Eintreten der Ebbe und Fluth, sondern bloß bei der letztern eine sehr heftige Bewegung des Wassers bemerkt zu haben. Auch die Erzählungen der Alten von den Erscheinungen des chalcidischen Strudels weichen sehr von einander ab, und es scheint daher, als ob diese Erscheinungen selbst sich nicht gleich blieben. — Auch in den Faröer Inseln sind namentlich drei von den Schiffern gefürchtete Strudel: der Sumböe-Maelstrom an der Südostspitze der Insel Suderöe; das Mühlrad zwischen der Insel Sandöe und der Maelstrom zwischen den Inseln Skinöe, Borböe und Videröe. Andere Strudel sind im bothnischen Meerbusen, an der nördlichsten Spitze der Insel Bornholm, an der nordamerikanischen Küste im Long-Island-Sunde u. s. w.

Die wellenförmige Bewegung des Meeres, der Wellenschlag und die Wogen, wird durch den Stoß des Windes gegen das Wasser hervorgebracht, ist daher auch am gewaltigsten während eines Sturmes und nach demselben. Durch den Stoß gegen das Wasser wird eine Erhebung der umliegenden Theile hervorgebracht, diese sinken wieder nieder und pflanzen dadurch den ersten Stoß wieder weiter fort, so daß sich ein neuer Wellenberg erhebt u. s. f. Bei völliger Windstille ist auch das Meer ruhig und seine Oberfläche glatt. Erhebt sich darauf ein schwacher Wind so geht es in eine kräuselnde Bewegung über, die mit dem Winde zunimmt und bald zum Wellenschlage wird. Mit dem Winde wachsen die Wellen bis zu einer bestimmten Grenze. Wird nämlich der Sturm zu heftig, so drückt die Luftmasse so gegen das Wasser, daß sie die Erhebung der Wellenberge hindert. Läßt aber dann der Sturm plötzlich nach, so beginnt nun das Meer größere Wellen als vorher zu schlagen, welche Erscheinung die Schiffer hohle See nennen. Größe und Gestalt der Wellen hängen von der Tiefe und der Ausdehnung des Meeres ab, zum Theil sind sie kurz und schmal, zum Theil lang und breit. Jene sind die der Schiffahrt ge-

fährlichsten, denn sie sind zugleich hoch und schleudern daher das Schiff gewaltig schnell hin und her. Sie entstehen auf flachen Meeren, wo der Wind leicht bis zum Grunde fortwirkt und hier einen Gegenstoß veranlaßt. In tiefen weiten Meeren ist die Wellenbewegung ausgedehnter und langsamer. Im Mittelmeere steigen die Wellen nur selten mehr als 8 F. über die gewöhnliche Meeresfläche. In der Ostsee steigen die Wellen bis zu 9 und 10 F. Da jede Welle eine gleich große Vertiefung unter den Meerspiegel zu Folge hat, so werden also die Schiffe bei solchem Wellenschlage bis zu 20 F. heraufgehoben und herabgelassen. Können sich die Wellen nicht ausbreiten, sondern sind zusammengedrängt, so daß sie über einander stürzen, sich aufthürmen, so häufen sie sich oft zu wahren Wasserbergen auf. Heftiger Sturm ergreift zuweilen die Gipfel der Wellen und schleudert sie über das Meer hin. Mit ungeheurer Gewalt stürzen die Wellen gegen und über die Schiffe hin. Kotzebue erzählt wie durch eine Woge die über sein Schiff stürzte ein Balken von 2 F. im Durchmesser, der Vordermast, zerschmettert wurde. — Wellen die mit Heftigkeit über Klippen entstehen, vom Andrange des Meeres gegen sie (ohne daß Wind vorhanden zu sein braucht), heißen Brecher. Unter Wasserwänden versteht man viele über einander geschobene Wellen, welche, indem sie über eine Untiefe getrieben werden, sich stark ausbreiten und gleich einer über dem Wasser hervorragenden Mauer viele Fuß in die Höhe schwellen, endlich zerreißen und in sich selbst zusammenstürzen. Sie bedecken dabei oft die ihnen sich nahenden Schiffe und vermögen kleine Fahrzeuge ganz zu versenken. Wasserwände kommen namentlich im atlantischen Meere an der Küste von Senegal häufig vor. — Besonders schrecklich ist das Tosen des Meeres an steilen und felsigen Küsten, wo es die Brandung (s. d. Art.) bildet. Selbst die bedeutendste Wellenbewegung des Meeres scheint sich nur bis zu einer Tiefe von etwa 10 bis 12 Klaftern zu erstrecken. In größeren Tiefen bleibt das Meer ruhig. Während kein Schiff der hohen Wellen und des Sturmes wegen auszulaufen wagt, setzen die ostindischen Perlenfischer ihre Arbeit unbedenklich fort. Neuere Beobachtungen scheinen jedoch ein Tiefergehen der Wellen zu bestätigen.

Seit den ältesten Zeiten ist es eine den Schiffern bekannte Thatsache, die jedoch von den Physikern als unglaublich wiederholt in Zweifel gezogen worden, daß das Oel den Wellenschlag des Meeres zu besänftigen vermöge. Muncke äußert sich darüber wie folgt: „Das interessante Phänomen, welches unmöglich in einer eigentlichen Niederdrückung der Wellen bestehen kann, kommt im wesentlichen auf zwei Wirkungen hinaus, erstlich, daß die gekräuselte Oberfläche des Meeres durch ausgegossenes Oel ruhiger und somit durchsichtiger wird, weswegen die Fischer dieses Mittel anwenden, um Gegenstände unter dem Wasser zu sehen, und zweitens, daß Schiffe, wenn sie im Begriffe sind zu stranden oder wenn sie über eine Untiefe wegfahren müssen, Oel ausgießen, dadurch eine augenblickliche Besänftigung des Meeres bewirken und sowohl die Untiefe leichter passiren, als insbesondere auch durch eine hohe Welle möglichst weit auf den flachen Strand gesetzt

werden, damit die nachkommenden Wellen das Schiff weniger beschädigen, insbesondere aber die Menschen im Augenblicke des Rückganges der Welle und bis zur Ankunft einer neuen sich auf das Land retten. Einige, namentlich Patterson und Achard leiten diese Wirkungen aus den einander aufhebenden verschiedenen (nicht gleichzeitig und ungleich starken) Schwingungen der ungleichen Flüssigkeiten her, was aber dadurch widerlegt wird, daß die Oeldecke viel zu dünn ist, um in eigenthümliche Schwingungen versetzt zu werden, viel weniger aber daß diese die starken Oscillationen der Wasserwellen aufheben sollten. Müller dagegen und insbesondere Weber messen dieselben theils einer geringen Bindung der Oberfläche des Wassers durch das zähere Oel, hauptsächlich aber dem Umstande bei, daß der Wind von der glatten Wasserfläche abgleitet, mithin die kleinen kräuselnden Wellen auf den größeren, welche die Kraft des Ganzen erhöhen, nicht erzeugen, außerdem aber vorzüglich zur Erhaltung der einmal gebildeten Wellen nicht weiter wirken kann, wonach diese, wenn sie nicht fortwährend gehoben werden, nothwendig zunehmend sinken müssen."

Mercur (v. d. lat. Mercurius dem Gotte des Handels, dem Götterboten) ist der kleinste aller Planeten und beschreibt die kleinste Bahn um die Sonne. Er entfernt sich nie über 29 Grad von der Sonne und kann daher nur in der Nähe der Dämmerung gesehen werden. Er ist überdieß auch wegen seiner Kleinheit schwer zu entdecken und wird nur durch Fernrohre erblickt. Doch hatten die Alten Kenntniß von ihm, ohne Fernrohre zu besitzen. Er zeichnet sich vor allen Planeten durch hellweiße Farbe und blendendes Licht aus, welches selbst das des Jupiters bei Weitem übertrifft. Man betrachtet ihn daher am besten durch lichtstarke Fernrohre mit gefärbten Blendgläsern. Nach seinem verschiedenen Stande gegen Sonne und Erde zeigt er ähnliche Phasen wie der Mond. Er ist im Mittel gegen 8 Millionen Meilen von der Sonne entfernt, hat eine Excentricität von 1602500 M. und steht daher zuweilen $9\frac{1}{2}$ zuweilen nur 6 Millionen Meilen von der Sonne ab. Die Entfernung von der Erde wechselt zwischen $10\frac{4}{10}$ und $29\frac{3}{9}$ Millionen Meilen. Der Mercur hat einen Durchmesser von 580 Meilen, welches nur $\frac{1}{3}$ des Erddurchmessers, $\frac{1}{33}$ des Jupiterdurchmessers ist. Aus dem Jupiter ließen sich 360000 Kugeln von der Größe des Mercur bilden. Bei der größten Nähe erscheint dieser Durchmesser von der Erde aus unter dem Winkel von 11,″ 6, bei der größten Entfernung nur unter dem Winkel von 4″. Von der Sonne aus erscheint der Merkurdurchmesser unter einem Winkel = 15″, etwa eben so groß als die Erde. Die Sonne aber hat vom Mercur aus gesehen einen scheinbaren Durchmesser von 4980 Sec., so daß die Sonnenscheibe $6\frac{2}{3}$ mal größer als von der Erde aus erscheint. Das Jahr des Mercur, seine Umlaufszeit beträgt 87,969 Tage und zugleich dreht er sich in 1,003 Tagen einmal um seine Axe. Sein Aequator ist gegen seine Bahn in einem Winkel von 20° geneigt, fast also eben so groß als die Schiefe der Ekliptik bei der Erde. Hiernach läßt sich vermuthen, daß der Wechsel der Jahreszeiten auf dem Mercur ähnlich dem

auf der Erde sei. **Schröter** will auf der Oberfläche des Mercur Berge entdeckt haben, die dreimal größer seien als die höchsten der Erde. Auch will **Schröter** Spuren von Wolkenzügen, also eine Atmosphäre des Mercur entdeckt haben. Auf eine Atmosphäre deutet auch der Umstand, daß die Lichtgränzen der Phasen des Mercurs nicht scharf abgeschnitten sind, sondern durch allmählige Abstufungen abnehmen. Sobald der Mercur zwischen Sonne und Erde hindurchgeht, muß er unter übrigens günstigen Umständen als ein dunkles Fleckchen auf der Sonnenscheibe, durch diese hindurchgehend erblickt werden. (S. d. Art. **Durchgang des Mercur** &c.)

Meridian (v. d. lat. meridies Mittag) oder **Mittagskreis** eines Ortes der Erde heißt derjenige größte Kreis um die Erdkugel, den man sich zugleich durch beide Pole und durch den betreffenden Ort gelegt vorstellt. Hieraus folgt, daß alle Meridiane auf dem Aequator und jeder auf dem Horizonte seines Ortes senkrecht steht. Eine ganze Reihe von Orten rings in einem größten Kreise um die Erde liegen unter demselben Meridiane. Stellt man sich den Himmel als ein kugelrundes die Erde umgebendes Gewölbe vor, und dieses von der Ebene des Erdmeridianes geschnitten, so erhält man den Meridian am Himmelsgewölbe, welcher durch Nadir und Zenith aller unter ihm liegenden Orte der Erde geht. Der Durchschnittspunkt des Meridianes mit dem Horizonte auf der Seite des Nordpoles heißt **Nord**, und der entgegengesetzte **Süd**. Zwischen diesen beiden Punkten in der Mitte liegt im Horizonte auf der einen Seite, wo die Gestirne aufgehen, **Ost**, auf der andern Seite, wo die Gestirne untergehen, **West**. Die den Südpunkt mit dem Nordpunkte verbindende gerade Linie im Horizonte ist die **Mittagslinie**.

Alle Sterne stehen dann am höchsten über einem Orte der Erde, wenn sie bei ihrem täglichen scheinbaren Umlauf um die Erde oberhalb durch den Meridian des Ortes gehen. (S. d. Art. **Culmination.**) Da dieß nun auch in Bezug auf die Sonne gilt und diese Mittag macht, wenn sie ihren höchsten Stand erreicht hat, so ist für alle Orte unter demselben Meridiane Mittag zu der Zeit, wann die Sonne durch ihren Meridian geht. Eben daher hat dieser größte Kreis seinen Namen. Da die Sonne ferner den Schatten der Gegenstände bewirkt, und dieser stets nach der Seite fällt, welche von seinem Gegenstande der Sonne gerade entgegengesetzt ist, so wird offenbar der Schatten eines Körpers gerade in die Mittagslinie fallen, sobald die Sonne durch den Meridian des Ortes geht auf welchen der Körper steht. Schon die Alten pflegten daher Säulen aufzurichten, deren Schatten auf einem horizontalen Striche in der Mittagslinie den Mittag angaben, so wie sie mit diesem Striche zusammenfielen. Solch ein Zeiger heißt ein **Gnomon** (v. d. griech. γνώμων Zeiger), und findet sich bei jeder Sonnenuhr. Man kann ferner den Mittag auch so bestimmen, daß man in einem dunkeln Raume auf dessen horizontaler Ebene die Mittagslinie gezeichnet ist, oberhalb eine feine Oeffnung anbringt, senkrecht über der gezeichneten Mittagslinie. Diese Oeffnung läßt dann ein kleines Son-

nenbild auf den Boden fallen, welches im Augenblicke des Mittags auf die gezeichnete Mittagslinie fällt. Je höher die Oeffnung angebracht ist, desto schneller, daher auch genauer bestimmend ist die Bewegung des Sonnenbildes. Bei beiden Einrichtungen macht der Halbschatten welcher gebildet wird, ganz scharfe Bestimmungen unmöglich. Man kann auch das Sonnenbild auf einer verticalen Wand auffangen. Dann ist es bequem, die durch die Mitte der runden Oeffnung gehende Mittagsfläche, vermittelst eines herabhängenden Fadens, zu bezeichnen. Zu einem solchen Filar-Gnomon gibt Bohnenberger folgende Einrichtung an. Man befestigt ein Messingblech ungefähr mit der Weltaxe parallel, senkrecht auf die Meridianebene oberhalb eines nach Süden gehenden Fensters. Diese Platte hat ein Loch, von 1 Lin. Durchmesser, an dessen oberem Theile einer Kerbe ist, die den oberhalb auf der Platte befestigten Metallfaden durchläßt. Der Faden geht im Zimmer nach der Richtung der Mittagslinie zu der gegenüberliegenden Wand hin, wo eine gegen den Meridian senkrechte Schraube befestigt ist, die in einer Kerbe den Metallfaden aufnimmt, welcher vertical herabhängend durch ein Gewicht gespannt wird. Der Faden wird nun (indem man die Stellung der Schraube, wenn es nöthig ist, ein wenig ändert) in die Mittagslinie gebracht, und hinter dem Faden eine weiße Tafel aufgestellt, um das Vorübergehen des Sonnenbildes vor dem Verticalfaden zu beobachten.

Sämmliche Meridiane werden vom Aequator (und den diesen parallelen Kreisen) geschnitten, und es bietet sich daher von selbst dar, dieselben nach den Graden des Aequators, welche sie, jeder einen anderen, durchschneiden, zu benennen. Es ist dann nur noch näher zu bestimmen, welchen Meridian man als den ersten annehmen will, oder w. d. den Durchschnittspunkt welches Meridianes mit dem Aequator man als denjenigen annehmen will, bei dem die Zählung der Grade des Aequators beginne. So lange man sich mit Geographie beschäftigt hat, sind in dieser Beziehung die Bestimmungen nicht einig gewesen. Spanien allein rechnet von 7 verschiedenen Meridianen an, nämlich von Cadix, Carthagena, Insel Leon, Collegium der Adlichen zu Madrid, Punta dela Galera auf der Insel Trinidad, Teneriffa und Ferro. Viele holländische Karten nehmen als ersten Meridian den an, welcher über den Pic von Teneriffa geht, der 18° 52′ westlich von Paris angenommen wird. Einige ältere portugiesische Karten setzen den ersten Meridian auf die azorische Insel Terzera, wo früher die magnetische Linie ohne Abweichung hindurchging, 9° 32′ 42″ westlich von Ferro. Aus demselben Grunde nahm Mercator die Insel Corvo an. Andere ältere holländische Karten legen den ersten Meridian auf die Insel del Fuego oder St. Philipp beim grünen Vorgebirge. Am meisten in Gebrauch als erster ist derjenige Meridian, welcher zugleich die alte und neue Welt scheibet, nämlich der Meridian über die Insel Ferro, 19° 57′ 30″ westlich von Paris, aber zu größerer Bequemlichkeit der Rechnung derjenige, welcher 2′ 30″ westlich von Ferro liegt, so daß sich also Paris genau 20° östlich von demselben befindet. Diese Annahme wurde in Frank-

reich von einer Gesellschaft Mathematiker, die der Cardinal Richelieu zusammenberufen hatte, vorgeschlagen und durch Ludwig XIII. den 25. April 1634 zur gesetzlichen Bestimmung erhoben. Der Geograph de l'Isle bestimmte denselben 20° westlich von Paris, welches man beibehalten hat. Der erste Meridian fällt dann westlich von der Insel ins Meer. Sehr häufig werden endlich die Meridiane unter denen berühmte Sternwarten liegen, namentlich die von Paris, und die von Greenwich (2° 20′ 15″ westlich von Paris), Kopenhagen, Gotha, Berlin, Göttingen, Wien, Petersburg u. a. als erste Meridiane angenommen. Man kann von dem ersten Meridiane, ab die folgenden Meridiane, d. h. die Grade der Länge (s. d. Art.), östlich und westlich zählen. Wo eine genauere Angabe der Richtung, nach welcher gezählt worden, fehlt, ist allemal anzunehmen, daß sie östlich genommen ist.

Die Bestimmung der geographischen Länge eines Ortes ist nichts anderes als die Angabe in Graden, Minuten, Secunden u. s. f. des Bogens, um welchen der Durchschnittspunkt des Aequators mit dem Meridiane des Ortes von dem Durchschnittspunkte des Aequators mit dem als ersten angenommenen Meridiane entfernt ist, oder des Winkels, unter dem sich die Ebenen jener beiden Meridiane schneiden. Der Winkel, unter dem sich überhaupt irgend welche zwei Meridiane schneiden, heißt die Meridiandifferenz (lat., Unterschied der Mittagskreise) der Orte unter jenen Meridianen. Ist daher die Länge eines Ortes A bekannt und die Meridiandifferenz zweier Orte A und B, so läßt sich hieraus mit Leichtigkeit die Länge von B berechnen. Bezeichnet nämlich M die bekannte Meridiandifferenz, L die Länge des Ortes A, L′ die Länge des Ortes B, so ist, wenn B östlich von A liegt:

$$L' = L + M$$

und wenn B westlich von A liegt:

$$L' = L - M.$$

Die Meridiandifferenz eines Ortes B, von einem andern A, welcher unter dem Ersten Meridiane liegt, gibt unmittelbar die Länge jenes Ortes B westlich oder östlich. Alle Längenbestimmungen sind also Bestimmungen von Meridiandifferenzen. Die Beobachtung der Meridiandifferenzen selbst ist vielen Schwierigkeiten unterworfen. Directe Messungen auf der festen Erdoberfläche sind allerdings möglich, aber es läßt sich durch dieselben nie eine große Genauigkeit erreichen, wie sich leicht übersehen läßt, wenn man bedenkt welche Unebenheiten auf der Erdoberfläche vorkommen, wie zusammengesetzt die ganze Arbeit und wie langwierig sie sein müßte, und endlich wie ungewiß wir selbst noch in Bezug auf die eigentliche Gestalt der Erde sind. Am leichtesten wäre die Messung wenn zwei Orte genau der eine östlich vom anderen lägen; dann würde ihre Entfernung die Meridiandifferenz ohne weiteres angeben, aber nicht in Graden u. s. f., sondern in Meilen. Nun kommt es darauf an die Meilen in Graden auszudrücken. Je weiter die Orte aber nach Norden oder Süden liegen, desto weniger Meilen kommen auf Einen Grad ihrer Meridiandifferenz. Offenbar nämlich sind zwei Orte in der Nähe des Nordpols unter Meridianen von 1° Differenz

liegend bei weitem weniger Meilen von einander entfernt, als zwei Orte unter denselben Meridianen unter dem Aequator. (Vergl. d. Art. Erde). Um die Meridiandifferenz zu finden müßte man also die genaueste Kenntniß von der Gestalt der Erde haben, denn durch diese wird jenes Verhältniß der Grade zu den Meilen nach den Breiten bestimmt. Auf dem Meere lassen sich directe Messungen gar nicht vornehmen. Da sich aber gerade die Schiffer allein nach Länge und Breite orientiren können, so ist es für diese von der größten Wichtigkeit womöglich in jedem Augenblicke bestimmen zu können, unter welcher Länge sie sich befinden. Die seefahrenden Nationen haben daher alles aufgeboten um zur Entdeckung einer einfachen Methode der Bestimmung der Meridiandifferenzen zu gelangen. Philipp III. König von Spanien setzte schon 1598 einen Preis für Auffindung solch einer Methode aus. Holland setzte einen Preis von 50000 Reichsthalern aus. Unter der Königin Anna von England wurde vom Parlement eine Belohnung von 10000 Pfund Sterling für denjenigen bewilligt, dessen Methode die Länge bis auf 1° genau bestimmen, 15000 Pfund Sterling für denjenigen, der nicht mehr als um 40 Minuten, und 20000 Pfund Sterling für den, der sich um nicht mehr als $\frac{1}{2}$ Grad irren würde. Dennoch fehlt es noch immer an einer dem Zwecke vollständig entsprechenden Methode.

Stellt man sich den scheinbaren Lauf der Sonne (oder irgend eines anderen Sternes) um die Erde vor, welcher binnen 24 Stunden zurückgelegt wird, so ist klar, daß je mehr nach Westen ein Ort liegt, desto später die Sonne durch seinen Meridian gehen werde, oder daß während z. B. die Sonne im Meridiane eines östlich von ihm gelegenen Ortes steht, sie für ihn noch in Osten stehen werde, und wenn sie im Meridian eines westlich gelegenen Ortes steht, sie für ihn westlich vom Meridiane abweichen müsse. Die Sonne stehe jetzt im Meridian von St. Petersburg, so wird sie erst geraume Zeit nachher im Meridian von Berlin stehen, und später im Meridian von Paris, und noch später in dem von Lissabon u. s. w., nach 24 Stunden aber steht sie wieder im Meridian von St. Petersburg. Da nun der scheinbare Gang der Sonne genau gleichmäßig ist, und sie in 24 Stunden rund um die Erde geht durch alle Meridiane, deren es 360 gibt, wenn man sie Ein Grad von einander abstehend nimmt, so werden von der Sonne folglich $\frac{360}{24} = 15$ Grad in Einer Stunde zurückgelegt. Gesetzt, man befinde sich an einem Orte A und besitze eine sehr genau gehende Uhr, welche also 12 Uhr zeigte in demselben Augenblicke, in welchem die Sonne durch den Meridian des Ortes A ging. Man verändere nichts im Gange der Uhr und begebe sich vorwärts nach dem Orte B. So wird auch hier noch wie vor die Uhr auf 12 stehen, in dem Augenblicke, in welchem die Sonne durch den Meridian von A geht, aber offenbar wird dann die Sonne noch nicht im Meridiane von B stehen, sondern hier erst nach einiger Zeit, wenn die Uhr schon über 12 hinausgegangen ist. Gesetzt, die Sonne gehe durch den Meridian von B um

1 Uhr nach der mitgebrachten Uhr, so folgt hieraus nach dem früheren, daß die beiden Orte A und B eine Meridiandifferenz von 15 Grad haben. Hiernach scheint die Aufgabe der Bestimmung der Meridiandifferenz äußerst leicht zu sein. Der aus London z. B. abfahrende Schiffer nimmt eine genau richtig nach Londoner Zeit gehende Uhr mit, welche also immer auf 12 Uhr zeigt, sobald in London Mittag ist. Befindet er sich nun irgend auf welchem Punkte der Erde, so darf er nur den Stand der Sonne oder den irgend sonst eines Sternes beobachten, um daraus auf die Zeit des Ortes an dem er sich befindet zu schließen, und die so gefundene Zeit ($= Z'$ nach Stunden) mit der von der Londoner Uhr angegebenen ($= Z$ nach Stunden) vergleichen, so ist die Meridiandifferenz des Ortes, wo er sich befindet von der in London $15\ (Z - Z')$.

Die große Schwierigkeit welche aber noch zu überwinden bleibt, ist die Herstellung von Uhren, welche Wochen, Monate und Jahre mit völliger Genauigkeit fortgehen. Es haben nämlich Feuchtigkeit und Temperatur einen sehr bedeutenden Einfluß auf den Gang der Uhren, abgesehen von der stets stattfindenden größeren oder geringeren Mangelhaftigkeit des Mechanismus jeder Uhr. Auf Schiffen sind Pendeluhren wegen der fortwährenden Bewegung des Schiffes nicht anwendbar. Physiker und Mechaniker haben den größten Fleiß auf die Herstellung der Uhren verwendet (s. d. Art. Zeitmesser). Leichter ausführbar ist dagegen eine andere Art der Bestimmung der Meridiandifferenz. Bei weitem leichter nämlich als die Herstellung in langer Zeit einen unveränderten Gang behaltender Uhren, ist es, Uhren zu erhalten, welche die Regelmäßigkeit ihres Ganges eine kürzere Zeit beibehalten, nachdem sie für den Ort wo man sich ihrer bedient genau gestellt worden. Befinden sich nun an zwei Orten A und B zwei Beobachter, von denen jeder eine Uhr hat, welche genau die Zeit des Ortes angibt, wo sich der Beobachter befindet, und beobachten beide dasselbe an beiden Orten sichtbare Phänomen, indem sie, jeder nach seiner Uhr, den Augenblick anzeichnen, in dem dasselbe sichtbar wurde; so ist klar, daß die Verschiedenheit ihrer Zeitangaben die Meridiandifferenz beider Orte angeben wird. Da Himmelsbegebenheiten sehr weit sichtbar sind, so werden gewöhnlich diese zur Längenbestimmung entfernter Orte benutzt, und da dieselben im Voraus nach ihrem Eintreten bekannt sind, so können die Zeitpunkte in denen sie erscheinen für einen bestimmten Ort z. B. London in Tafeln berechnet werden. Der Reisende der diese Tafeln mit sich führt, braucht nur zu beobachten welche Stunde, Minute und Secunde die Uhr des Ortes an dem er sich befindet anzeigt, in dem Augenblicke, wo das Phänomen sich ereignet, und kann dann berechnen, wie groß die Meridiandifferenz von London ꝛc. sei. Zu dieser Art von Längenbestimmung sind vorzüglich die Mondfinsternisse geeignet. Ihr Anfang und ihr Ende wird überall auf der Erde, wo die Verfinsterung sichtbar ist, zu gleicher Zeit bemerkt, und für die meisten größern Orte, wo Sternwarten sind, haben die Astronomen schon lange voraus die Augenblicke berechnet, in welchen dieser und jener bestimmte Flecken des Mondes zuerst von dem Schatten berührt wird. Wenn

nun ein Seefahrer einen dieser Momente der Verfinsterung genau beobachten kann, und dabei die Zeit, welche ihm seine Uhr angibt (z. B. 12 Uhr 11 Minuten) mit derjenigen vergleicht, die jetzt die Pariser Uhren zeigen müssen (z. B. 1 Uhr 23 Minuten): so weiß er den Zeitunterschied von Paris und seinem Schiffe (z. B. 1 Stunde 12 Minuten) und folglich auch den Unterschied der Länge (18 Grad westlich von Paris). Zu dergleichen Beobachtungen ist nicht immer eine vollkommne astronomische Uhr nöthig, sondern jede gute Taschenuhr kann dazu gebraucht werden, wofern sie nur genau nach dem Mittag des Ortes gerichtet wird, wo man sich befindet. Bis auf die Secunde richtig können indessen solche Beobachtungen von Mondfinsternissen nicht ausfallen, denn der Schatten der Erde auf dem Monde ist nicht scharf begränzt, sondern es umgibt ihn ein verwaschener Rand, der sich allmählig verliert. — Auch die Beobachtungen der Sonnenfinsternisse lassen sich zur Bestimmung der Länge anwenden, erfordern aber, da der Anfang und das Ende nicht überall gleichzeitig eintreten, eine verwickeltere Berechnung und sind weniger genau. — Man nimmt daher auch seine Zuflucht zu Bedeckungen der Fixsterne vom Monde, und zu den Verfinsterungen der Jupitersmonde, welche gleichfalls im Voraus für alle große Orte, z. B. Paris, Berlin, Wien rc. berechnet sind. Da der Jupiter vier Monde hat, so ereignet sich, wenn er sichtbar ist, fast alle Nächte eine Finsterniß von einem, zuweilen auch wohl von mehren dieser Monde. Der Unterschied der Zeit wird hier auf dieselbe Art, wie bei den Mondfinsternissen, angemerkt. — Der Mond dient noch, außer seinen Verfinsterungen, auf eine andere Art zur Bestimmung der Länge. Man kennt seine Bewegung so genau, daß man für jeden Tag und für jede Stunde lange im voraus berechnen kann, bei welchem Stern er stehen werde, und dergleichen Berechnungen sind auch längst zum Besten der Astronomen und Seefahrer für die Meridiane bekannter Sternwarten (z. B. Paris, London) gemacht worden. Wenn nun der Schiffer zu einer bestimmten Stunde des Nachts den Stand des Mondes beobachtet, und seine Zeit mit der in seinem Kalender befindlichen Londner oder Pariser Zeit vergleicht, in welcher der Mond dort bei denselben Sternen steht; so weiß er ebenfalls den verlangten Zeit- und Längenunterschied. Der Mond steht aber der Erde in Vergleich mit den übrigen Himmelskörpern so nahe, daß sein Stand für zwei ziemlich weit aus einander liegende Punkte der Erdfläche, auch in einem und demselben Augenblicke sehr verschieden erscheint, und daher muß bei der Längenberechnung aus dem Stande des Mondes auf diese Abweichung Rücksicht genommen werden. Die ersten vollständigen Mondstafeln, in welchen der Lauf, die Stellung des Mondes gegen die Sonne, die bekanntesten Fixsterne und gegen die Planeten auf jeden Tag, jede Stunde und Minute im Jahr für einen bekannten Meridian berechnet ist, verdanken wir Tobias Mayer. Diese Mayer'schen Tafeln wurden später durch die Berechnungen anderer Astronomen, namentlich Laplace's und Bürg's noch mehr vervollkommnet und die Mondstafeln des letzteren haben vielleicht den höchstmöglichen Grad von Genauigkeit erhalten. Sie ge-

ben besonders die Meereslänge mit einer Schärfe, welche für den Schiffer mehr als hinlänglich ist, und man kann jetzt das ehemals für unauflöslich gehaltene Problem derselben für aufgelöst ansehen. — Andere Erscheinungen, die man zu gleicher Zeit an zwei verschiedenen Orten bemerken und daher zur Bestimmung der Länge benutzen kann, sind die Pulversignale, wenigstens für solche Orte, die nicht allzuweit von einander entfernt sind. Zwei Beobachter kommen mit einander überein, daß der eine auf dem Berge A, und der andere auf dem Berge B (welche beide einander sichtbar sein müssen) in einer gewissen Nacht und zu einer bestimmten Stunde eine Quantität Schießpulver abbrennen wolle. Jeder Beobachter hat seine Uhr nach dem Meridian seines Berges (nach dem Augenblicke, wo ein bestimmter Stern, über dem sie übereingekommen sind, durch den Meridian geht) gestellt, so daß sie z. B. in dem Augenblicke der Culmination des Sterns genau 12 Uhr zeigt. Beide merken nun genau die Zeit an, sowohl wenn die Pulvermassen abgebrannt, als wenn sie beobachtet worden. Hat nun der in A, wenn er seine Masse anzündet, z. B. 10 Uhr 4 Minuten, und der in B, wenn er dieses Abbrennen bemerkt, 10 Uhr 14 Minuten, so ergibt sich ein Unterschied der Zeit von 10 Minuten, welche B vor A voraus hat, und folglich ist B $2\frac{1}{2}°$ östlicher gelegen. Solche Pulversignale, welche auf der Schneekoppe des Riesengebirges abgebrannt und zu Prag auf dem Lorenziberge beobachtet worden, hat man zur Bestimmung der Länge dieser beiden Punkte benutzt. Neuerlich sind dergleichen Pulversignale auch zur Bestimmung der Länge von München, Wien und Ofen angewandt worden. Ebendasselbe ist im Juli 1824 in Beziehung auf Tübingen, Manheim, Speier und Straßburg und neuerlich zur Bestimmung der Länge von Paris und Greenwich geschehen.

Metalle heißen diejenigen (chemisch) einfachen Stoffe, welche sich durch eigenthümlichen Glanz (Metallglanz, Undurchsichtigkeit, Unlöslichkeit im Wasser und Weingeist), Geschmacklosigkeit (jedes für sich), vorzüglichste Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität, und als Erreger des Galvanismus auszeichnen. Alle Metalle, mit Ausnahme des Quecksilbers, sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, in höherer Temperatur aber schmelzbar. Auch im geschmolzenen Zustande sind sie undurchsichtig. Einige Metalle sind spröde und leicht zersprengbar und heißen Halbmetalle, andere dagegen sind unter dem Hammer dehnbar, und werden vollkommene Metalle genannt. Alle Metalle verbinden sich mit Sauerstoff zu Metalloxyden, welche sämmtlich bei gewöhnlicher Temperatur fest sind, und in der Regel den Glanz und die übrigen physikalischen Eigenschaften der Metalle nicht besitzen; gehen dagegen mit Wasserstoff keine chemischen Verbindungen ein. Das specifische Gewicht sämmtlicher Metalle liegt zwischen 0,860 bis 22.

Die Metalle werden eingetheilt in:

1) Leichte Metalle, welche ein specif. Gew. zwischen 0,860 bis 4 haben. Dieselben sind weich, haben keinen Klang, sind in der Kälte mehr oder weniger spröde, leicht schmelzbar und zum Theil flüssig.

Sie haben eine besondere Affinität gegen Sauerstoff, von dem sie sich daher auch nur schwer scheiden lassen. Wasser (welches aus Sauerstoff und Wasserstoff besteht) wird von ihnen in der Regel schon bei gewöhnlicher Temperatur und oft mit großer Heftigkeit zerlegt. Ihre Verbindungen mit Sauerstoff geben anorganische Alkalien. Man kann sie eintheilen in a) Metalle der reinen Alkalien: Kalium, Natrium, Lithium und b) Metalle der erdigen Alkalien: Baryum, Strontium, Calcium, Magnium. —

2) Schwere Metalle, Erzmetalle, deren specif. Gewicht von 4 bis 22 geht. Dieselben werden eingetheilt in a) unedle Metalle, die große Verwandtschaft mit dem Sauerstoff haben, so daß sie ihn durch bloßes Erhitzen nicht fahren lassen. Zum Theil sind sie spröde und leicht flüchtig, wie Antimon, Wismuth; zum Theil spröde, schwer schmelzbar und nicht flüchtig, wie Mangan; zum Theil dehnbar und leicht schmelzbar, wie Zinn, Kadmium, Blei; zum Theil schwer schmelzbar wie Eisen, Kupfer. Ihre Namen sind: Yttrium, Cerium, Titan, Tantal, Scheel, Molybdän, Vanadin, Chrom, Uran, Mangan, Antimon, Wismuth, Zink, Kadmium, Zinn, Blei, Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer. b) Edle Metalle, welche geringe Affinität zum Sauerstoffe haben, und ihn daher durch bloßes Erhitzen völlig fahren lassen. Zum Theil sind sie schmelzbar und flüchtig wie Quecksilber, meistens jedoch schwer schmelzbar und feuerbeständig. Ihre Namen sind: Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium. *)

In Bezug auf die Undurchsichtigkeit scheint das Gold in sehr dünnem Zustande eine Ausnahme zu machen, indem ein $\frac{1}{2000}$ Zoll dickes Goldblättchen, wenn es gegen das Licht gehalten wird, grün erscheint, also grünes Licht durch sich hindurch läßt. Nach dem verschiedenen Glanze stehen die bekanntesten Metalle nach Leslie in folgender Reihe: Stahl, Silber, Quecksilber, Gold, Kupfer, Zinn und Blei. Die Grade, bei welchem die Metalle schmelzen, sind sehr verschieden. Wäh-

*) Berzelius theilt die Metalle ein in: 1) Radicale (lat. Grundlagen) der Alkalien und der Erden, und 2) Radicale der eigentlichen sogenannten Metalloxyde und Metallsäuren. Zu den ersten rechnet er: Kalium, Natrium, Lithium, Barium, Strontium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Beryllium, Yttrium, Zirkonium, Thorium. Die zweite Klasse theilt er in a) elektronegative Metalle d. h. solche, die in Verbindung mit Sauerstoff eine größere Neigung haben, Säuren zu bilden, als Salzbasen darzustellen. Diese sind: Selen, Tellur, Arsenik, Chrom, Vanadin, Molybdän, Wolfram, Antimon, Tantal, Titan; b) elektropositive Metalle, welche vorzugsweise die elektropositiven Bestandtheile salzartiger Verbindungen ausmachen: Gold, Osmium, Iridium, Platin, Rhodium, Palladium, Silber, Quecksilber, Uran, Kupfer, Wismuth, Zinn, Blei, Cadmium, Zink, Nickel, Kobalt, Eisen, Mangan, Cerium. — Vergl. d. Art. Galvanismus S. 575. ff.

rend Quecksilber schon bei 35° fließt, erfordert Platin die größte Hitze, welche wir überhaupt zu erzeugen vermögen, um in Fluß gebracht zu werden. Eisen und Platin werden vor dem Schmelzen weich und können daher geschweißt werden. Fast alle Metalle nehmen beim langsamen und ungestörten Erstarren aus dem flüssigen Zustange regelmäßige Krystallform an. Man bemerkt diese Krystallisation am besten, wenn man die Metalle durch die Einwirkung einer schwachen elektrischen Säule aus verdünnten Auflösungen herstellt. Dann setzt sich das Metall in glänzenden Krystallen auf dem negativen Leiter ab. Man bemerkt die krystallinische Textur (Gefüge) häufig, wenn die Oberfläche eines nach dem Schmelzen erstarrten, aber nicht gehämmerten oder gewalzten Metalles mit einer schwachen Säure geätzt wird, wodurch die äußerste, zuerst erstarrte Oberfläche aufgelöst und die krystallinische Textur entblößt wird. Die unter dem Hammer streckbaren Metalle können nur bis zu einem gewissen Grade ausgehämmert werden, setzt man noch weiter das Schmieden fort, so bekommen sie Risse. Wird aber dann das Metall geglüht, so haften die Theile, welche auseinander gegangen waren, wieder an einander, und das Schmieden kann fortgesetzt werden. Während des Schmiedens erhält das Metall eine größere Dichte, es entwickelt sich Wärme und das eigenthümliche Gewicht wird erhöht. Durch gewisse Handgriffe kann man einen Nagel so schmieden, daß er dadurch glühend wird. Hinsichtlich der Zähigkeit der Metalle ergibt sich folgende Ordnung: Eisen, Kupfer, Platin, Silber, Gold, Zinn, Zink, Blei. Als allgemeine chemische Eigenschaften der Metalle gibt Berzelius an, daß sie sich verbinden können: 1) mit Sauerstoff, 2) mit den brennbaren nicht metallischen Stoffen (Metalloiden), 3) unter einander, und 4) endlich, daß sie sich mit oxydirten Körpern nicht vereinigen können, ohne vorher selbst mit Sauerstoff verbunden (oxydirt) zu sein.

In Bezug auf ihre Verwandtschaft gegen Sauerstoff verhalten sich die verschiedenen Metalle sehr verschieden, indem sie sehr ungleiche Mengen desselben in sich aufnehmen und diese Verbindungen bei ungleichen Temperaturen eingehen. An der Luft oxydiren einige schon in sehr niedrigen Temperaturen, andere noch ehe sie glühen und noch andere nehmen gar keinen Sauerstoff aus der Luft auf. Auf nassem Wege lassen sich die meisten Metalle durch Salpetersäure und durch Königswasser oxydiren. Rhodium und Iridium lassen sich auf nassem Wege zwar nicht oxydiren, aber mit Leichtigkeit, sobald man sie mit Kalihydrat oder Salpeter erhitzt. Chrom, Tantal, Zirkonium und Titan werden nicht durch Königswasser oxydirt, aber auf nassem Wege durch Fluorwasserstoffsäure, entweder für sich oder mit Salpeter versetzt, aufgelöst. Auf trockenem Wege oxydiren sie sich beim Schmelzen mit Salpeter oder kaustischem Alkali. Einige Metalle haben nur Eine, andere zwei und mehre Oxidationsstufen. Da die Metalloxyde ein erdiges Ansehen haben, so wurden sie früher Metallkalke genannt. Die Metalloxyde verbinden sich sowohl unter einander, als mit Wasser. Die Verbindungen der letzten Art heißen Hydrate. Die gewöhnlichen Verbin-

dungen der Oxyde mit Wasser geschehen so, daß beide gleiche Mengen Sauerstoff enthalten.

Die Wiederherstellung des reinen Metalles aus seiner Verbindung mit Sauerstoff wird **Reduction** (lat. Zurückführung) genannt und das Geschäft selbst **Reduciren**. Dieses kann auf verschiedene Art geschehen.*) Die edlen Metalle werden reducirt, wenn ihre Oxyde zum Glühen erhitzt werden, wobei der Sauerstoff als Gas entweicht. Die Oxyde der unedlen Metalle dagegen haben den Zusatz eines Körpers nöthig, welcher zum Sauerstoff eine größere Verwandtschaft hat, als sie selbst besitzen. Das Metalloxyd wird darum mit Kohlenpulver vermischt und einer so starken Hitze ausgesetzt, als das Metall zum Schmelzen nöthig hat. Die Kohle verbindet sich mit dem Sauerstoff des Metalloxyds zu Kohlenoxydgas, welches in Gasform entweicht. Man nimmt diese Reduction gewöhnlich in feuerfesten Thontiegeln, vorzüglich in hessischen, vor, die man mit einem Deckel oder einem umgekehrt aufgesetzten kleinen Tiegel bedeckt, indem man dabei die Fugen mit einer Mischung von gebranntem und ungebranntem feuerfesten Thon zuklebt. Bisweilen setzt man in den Thontiegel eine passende Kohle, worin man für die zu reducirende Masse ein Loch gebohrt hat, welches man nach Eintragung des zu reducirenden Oxyds, mit einem Pfropfen von Kohle verschließt. Bei anderen Gelegenheiten füttert man den Tiegel auf der inwendigen Seite mit einer dicken Bekleidung eines Gemenges von Thon, Sand und Kohlenpulver aus. Ein wesentlicher Umstand bei der Reduction ist ein Zusatz von Fluß, womit das Gemenge von Oxyd und Kohlenpulver im Tiegel bedeckt wird. Man bedient sich zum Fluß eines reinen, metallfreien Glases, entweder allein oder mit Flußspath vermischt. Borax kann ebenfalls angewandt werden. Diese Masse schmilzt gewöhnlich, noch ehe die Reduction angefangen hat, so daß die neugebildeten kleinen Metalltheile davon umgeben und bedeckt werden. Durch die Bewegung, worin der Fluß durch entwickelte Gasarten während der Reduction versetzt wird, treffen sich die Metalltheile und sammeln sich zu einem größeren Kern an, welcher vom flüssigen Glase gegen die Einwirkung der durch die Poren des Tiegels eindringenden Luft geschützt wird. Ohne einen solchen Fluß würde man die Metallkörner zerstreut, und oft an der Oberfläche sehr angelaufen erhalten. Beim Herausnehmen des Tiegels aus dem Feuer pflegt man ihn gelinde anzustoßen, damit solche Metallkörner, die im Fluße zerstreut liegen, sich sammeln können. Einige Metalle erfordern eine sehr starke Hitze, um reducirt und geschmolzen zu werden; die meisten werden weit unter ihrem Schmelzpunkte reducirt. Der erhaltene Metallklumpen wurde von den älteren Chemikern **Regulus** (lat. v. rex König) genannt; daher die Benennung **regulinisch**, was metallisch bedeutet. Bei diesen Reductionen mit Kohlenpulver erhält man das Metall selten rein, sondern öfters mit Kohle, Kiesel, und wenn man Borax angewandt hat, auch mit Bor verbunden. Um es so rein wie

---

*) Nach **Berzelius**.

nur möglich zu erhalten, muß man nicht mehr Kohlenpulver zusetzen, als zur Reduction des Metalles gerade nöthig ist, oder etwas weniger. Wenn der Sauerstoffgehalt des Oxyds bekannt ist, wird der Zusatz von Kohle darnach bestimmt. 100 Th. Sauerstoff nehmen 75,33 Th. Kohle auf, um Kohlenoxydgas zu bilden. Dabei muß man jedoch berücksichtigen, daß bei der ersten Einwirkung der Hitze eine Portion Kohlensäure erzeugt wird, und daß die Metalle, welche zum Sauerstoff eine geringe Verwandtschaft haben, viel Kohlensäuregas geben. Sie bedürfen daher weniger Kohle, um reducirt zu werden. Die Reduction geschieht in einem Wind- oder Zugofen, oder vor dem Gebläse in einer Esse. Holzkohlen geben weniger Hitze als Steinkohlen, und die stärkste Hitze wird durch geglühte Steinkohlen in einem Ofen hervorgebracht, in welchem die Luft des Gebläses durch acht durch die Wände des Ofens einmündende, und in derselben horizontalen Ebene liegende Oeffnungen eingeführt wird. Er erfordert Tiegel von sehr feuerfestem Thon; die hessischen Tiegel pflegen darin bald zu schmelzen.

Die Reduction kann auch durch ein anderes Metall bewirkt werden, welches eine größere Verwandtschaft zum Sauerstoffe hat, als das zu reducirende Metall. Man bedient sich hierzu am besten des Kaliums. Auch des Wasserstoffgases bedient man sich, wegen seiner großen Verwandtschaft zum Sauerstoffgase häufig zur Reduction. Mehre der edlen Metalle werden auch vom Sonnenlichte reducirt. Setzt man eine neutrale Goldauflösung in einem gläsernen Gefäße dem Sonnenlichte aus, so überzieht sich die Oberfläche und die dem Lichte zugewendete Seite des Gefäßes inwendig mit Gold.

Auch mit Schwefel gehen die Metalle leicht Verbindungen ein. Verbindungen des Schwefels mit den elektropositiven Metallen heißen nach Berzelius, Schwefelmetalle oder Schwefelbasen; Verbindungen desselben mit elektronegativen Metallen, wenn sie in ihrer Zusammensetzung einer Säure des Metalles entsprechen oder überhaupt sich mit Schwefelbasen verbinden können, heißen Sulfide. Die Schwefelmetalle haben wie die Oxyde nicht mehr die ursprünglichen Eigenschaften der Metalle, unterscheiden sich aber dadurch von jenen, daß sie die Elektricität leiten. Eine Klasse der Schwefelmetalle ist undurchsichtig und hat einen bestimmt metallischen Glanz (Schwefeleisen, Schwefelblei); eine andere Klasse hat keinen Metallglanz und ist mehr oder weniger durchscheinend (Schwefelzink, Schwefelquecksilber). In der Mineralogie hat man vorgeschlagen, jene Klasse Kiese, diese Blenden zu nennen. Gewöhnlich geschieht die Verbindung der Metalle mit Schwefel unter Feuererscheinung.*) Bemerkenswerth ist, daß in jedem

*) Schüttet man zum Beispiel 3 Th. Kupferfeile mit einem Theil gestoßenen Schwefel vermischt, in eine unten zugeschmolzene gläserne Röhre oder in einen kleinen gläsernen Kolben, welcher über der Flamme eines Lichtes erhitzt wird, so schmilzt der Schwefel zuerst, und in einigen Minuten geräth die Masse in Glühung. Erhitzt man Schwefel in einem gläsernen

Schwefelmetalle das Metall mit doppelt so viel Schwefel verbunden ist, als es Sauerstoff in der entsprechenden Oxydationshöhe aufnimmt. Daher kann man aus der Zusammensetzung des Schwefelmetalles die des Oxyds berechnen und umgekehrt. Die Reduction der Schwefelmetalle geschieht durch Erhitzung mit einem anderen Metalle, welches zum Schwefel größere Verwandtschaft hat. Auch lassen sich mehre Schwefelmetalle durch Wasserstoffgas reduciren, wobei sich Schwefelwasserstoffgas bildet. Gewöhnlich wird das Schwefelmetall erst in Oxyd verwandelt, und dann aus diesem Zustande erst das Metall reducirt. Die Umwandlung eines Schwefelmetalles in Oxyd heißt Abschwefeln oder Rösten, und besteht im Allgemeinen darin, daß das gepulverte Schwefelmetall unter häufigem Umrühren in der Luft gelinde geglüht wird. Man muß sich wohl hüten, daß es nicht schmilzt, und, sobald dieses dennoch geschieht, das Geschmolzene herausnehmen und wiederum pulvern. Der Schwefel entweicht dann größtentheils als schwefelsaures Gas, und das Metall bleibt oxydirt zurück.

Mit den Salzbildern verbinden sich die Metalle zu Haloidsalzen.

Die Phosphormetalle sind Verbindungen mit Phosphor. Berzelius gibt folgende Methoden sie herzustellen an: a) Man läßt in einem passenden Apparate Phosphor auf das glühende oder geschmolzene Metall fallen, wobei ein Theil des Phosphors verbrennt, indem ein anderer Theil davon sich mit dem Metalle verbindet. b) Glasige Phosphorsäure, oder auch saure phosphorsaure Kalkerde wird mit dem zerkleinerten Metalle und mit Kohlenpulver gemengt, und das Gemenge in einem bedeckten Tiegel einer höheren Temperatur ausgesetzt. c) Man mischt das phosphorsaure Salz des Metalles, das man mit Phosphor verbinden will, mit Kohlenpulver, und erhitzt das Gemenge. In beiden Fällen erhält man auf dem Boden des Tiegels eine geschmolzene Masse von Phosphormetall. Die Metalle nehmen den Phosphor in weit geringeren Verhältnissen als den Sauerstoff und den Schwefel auf. Einige Metalle verbinden sich mit dem Phosphor unter Feuererscheinung.

Die Kohlenmetalle sind Verbindungen der Metalle mit Kohlenstoff. Beim Zusammenschmelzen mit Kohle oder bei der Reduction

---

Kolben über der Flamme einer Weingeistlampe, bis daß der Kolben von einem gelben Gase (d. h. von Schwefelgas) angefüllt erscheint, und führt man nun einige sehr dünn ausgewalzte Kupferblätter hinein, so entzünden sich diese und brennen mit vielem Glanz. Der gasförmige Schwefel wird dabei eingesogen und das Product des Verbrennens ist Schwefelkupfer. Mit gleicher Erscheinung von Feuer brennen einige Metalle bei einer höheren Temperatur in Schwefelwasserstoffgas, es bildet sich Schwefelmetall, und reines Wasserstoffgas bleibt zurück. Besonders gelingt dieses mit dem Kalium. Verschiedene Metalle, welche zum Schwefel eine geringe Verwandtschaft haben, wie z. B. Platin, Palladium, Rhodium, zeigen keine Feuererscheinungen, so lange das Gemenge mit der Luft in Berührung steht, aber im luftleeren Raum erhitzt, gerathen sie, nach Edmund Davy, in dem Augenblicke der Verbindung in lebhaftes Glühen.

nehmen die meisten Metalle Kohlenstoff auf, aber nur in sehr geringer Menge. Er vermindert die Geschmeidigkeit der Metalle, zuweilen bis zum Verschwinden. Am wichtigsten sind die Verbindungen des Eisens mit Kohlenstoff. (S. d. Art. Eisen.)

Die Verbindungen der elektropositiven Metalle mit Wasserstoff heißen Wasserstoffmetalle (Hydrüre). Man kennt nur ein einziges: das Wasserstoffkalium. Verbindungen elektronegativer Metalle mit Wasserstoff gibt es 4: der pulverförmige Wasserstoffarsenik und der gasförmige Arsenikwasserstoff; Tellur- und Selenwasserstoffgas (Wasserstofftellurid und Wasserstoffselenid).

Die Metalle verbinden sich unter sich theils in bestimmten Verhältnissen, theils unter allen Verhältnissen als bloße Zusammenschmelzungen oder Legirungen. Bei den chemischen Verbindungen der Metalle findet Temperaturerhöhung statt. So gibt Platin und Zinn zusammengeschmolzen eine außerordentliche Hitze. Wenn man auf einmal geschmolzenes Kupfer mit geschmolzenem Zink in dem Verhältniß in welchem sie in Messing verbunden sind zusammenmischt, so erhitzen sie sich so stark, daß ein Theil der Mischung umhergeschleudert wird. Einige Metallverbindungen kommen natürlich vor, z. B. Silber und Quecksilber, Silber und Gold, Tellur und Gold, Silber und Blei u. a.

In Bezug auf Zusammenschmelzungen hat man aus Versuchen von Rudberg geschlossen, daß wenn man Metalle in beliebigen Verhältnissen zusammenschmilzt, stets eine oder mehre Verbindungsstufen in bestimmten Verhältnissen entstehen, von denen die eine die schwerschmelzbarste, eine andere die leichtschmelzbarste Verbindung ist, welche die beiden Metalle einzugehen vermögen. Bei drei Metallen fanden die beiden Svanberg dasselbe.

Wenn die zusammengeschmolzenen Metalle bei sehr weit auseinanderliegenden Temperaturen erstarren, so kann man nach dem Erstarren des schwerer schmelzbaren, das leichter flüssige abfließen lassen, welche Methode Saigern oder Saigerung genannt, und zuweilen im Großen zur Scheidung von Metallgemischen gebraucht wird.

Zuweilen findet bei der Vereinigung der Metalle eine Verminderung des Volumens statt, so daß das spec. Gewicht der Verbindung geringer wird. Ein bestimmtes Gesetz in dieser Beziehung hat man nicht entdecken können. Gellert und Kraft fanden aus einer großen Anzahl von Versuchen, daß sich folgende Metalle beim Zusammenschmelzen verdichten. Gold mit Silber, Blei, Wismuth, Zink; Silber mit Kupfer, Blei, Zinn, Wismuth, Zink und Antimon; Kupfer mit Zinn, Zink und Antimon; Blei mit Zink, Wismuth und Antimon; Quecksilber mit Zinn und Blei; Wismuth mit Antimon. Dagegen wurde bei folgenden Mischungen das Volumen durch Zusammenschmelzen größer: Gold mit Kupfer, Eisen und Zinn; Platin mit Kupfer; Eisen mit Antimon, Wismuth und Zink; Kupfer mit Blei; Zinn mit Zink, Blei und Antimon: Zink mit Antimon; Quecksilber mit Wismuth; Kupfer und Wismuth behalten beim Zusammenschmelzen ihre Dichtigkeit unverändert.

In der Regel sind die Mischungen der Metalle zäher als die einzelnen Metalle. Eine Mischung von 12 Th. Blei mit 1 Th. Zink ist z. B. doppelt so zähe als Zink. Fast alle zeichnen sich ferner durch Leichtflüssigkeit aus, weßwegen man sich derselben zum Löthen bedient. Man nennt daher auch eine zum Löthen bereitete Metallmischung ein Loth. Gold löthet man mit einer Mischung von Gold mit etwas Silber oder Kupfer; Silber mit einer Mischung von Silber mit Kupfer oder Messing; Kupfer mit Messing u. s. f. Die Mischungen haben ferner eine größere Verwandtschaft zum Sauerstoff als die reinen Metalle. Eine bis zum Glühen erhitzte Mischung von Zinn und Blei entzündet sich und brennt dann von selbst weiter, etwa wie ein schlechter Torf.

Man findet die Metalle in Gebirgen unter der Oberfläche der Erde, zuweilen auch in Erdlagern, im Sande der Flüsse und am Boden von Seen. Metalle die rein in der Natur vorkommen, heißen gediegen. Gewöhnlich aber sind sie mit Sauerstoff, Schwefel, Arsenik verbunden und heißen dann vererzt. Zuweilen kommen sie als Salze vor. Unter Erzen versteht man alle metallhaltigen Mineralien. Man findet sie entweder in eigenen Lagern oder in Gängen in den Gebirgen, namentlich in älteren Gebirgsformationen. Sie sind dann von der Hauptmasse des eigentlichen Felsens abgesondert und mit den verschiedensten Mineralien vermengt. Das in einem Erzgange herrschende Mineral wird Gangart (Matrix) des Erzes genannt. An verschiedenen Orten ist die Menge des in der Gangart enthaltenen Erzes verschieden. Noch abwechselnder als in den Lagern ist die Menge der Erze in den Gängen. Ueber das allgemeine Verfahren die Metalle aus ihren Erzen rein und in metallischer Form abzusondern gibt Berzelius folgende Nachrichten. Wenn das Erz nicht rein vorkommt, muß die Matrix abgeschieden werden, um das Ausschmelzen des Metalls nicht unnöthigerweise zu erschweren. Das Erz wird zerschlagen und dann weiter gepulvert oder gepocht, was durch eigene Pochwerke verrichtet wird. Um die Erze der seltener vorkommenden Metalle von der Gangart zu scheiden, bedient man sich nachher des Schlemmens oder Waschens, indem man mit Wasser die Theile des leichtern Gesteins abspühlt, wobei das schwerere Erz zurückbleibt. Einige Erze, welche Schwefel- oder Arsenikmetalle enthalten, die nicht bedeutend schwerer sind als die Gangart, und daher nicht ohne großen Verlust gewaschen werden können, pflegt man mit Zusatz von leicht schmelzbaren Steinarten zu schmelzen, wobei die Bergart in Schlacke verwandelt wird und sich vom geschmolzenen Schwefelmetalle abscheidet, welches letztere am Boden des Ofens unter der Schlacke sich ansammelt. Nachdem nun das Erz so viel wie möglich vom Gestein befreit worden ist, sucht man Schwefel und Arsenik dadurch abzuscheiden, daß man es lange röstet und ihm am Ende der Operation eine sehr hohe Temperatur gibt. Der Schwefel und das Arsenik gehen dabei größtentheils als schweflige und arsenige Säure fort, und das Metall bleibt oxydirt zurück. Man muß bei der Röstung eine allmählig verstärkte Hitze geben, damit das Erz nicht schmilzt, und bei einigen Erzen muß die Operation wiederholt werden.

43 *

Die Röstung geschieht entweder in eigenen Oefen oder in Haufen, welche man auf einer Unterlage von Brennholz im Freien aufthürmt. — Das geröstete Erz wird in eigens dazu gebauten Oefen reducirt. In diesen wird es, mit sogenannten Flüssen oder Zuschlägen gemengt, schichtweise mit Kohlen aufgesetzt. Die Flüsse dienen dabei zur Beförderung der Schmelzbarkeit der noch anhängenden Antheile vom Gestein und zur Auflösung des oxydirten Eisens, welches alle Erze, zuweilen in großer Menge enthalten. Die Flüsse bilden dabei ein eigenes undurchsichtiges, leichtflüssiges Glas, welches man Schlacke nennt. Die Hitze wird in diesen Oefen entweder durch Luftzüge oder durch Gebläse verstärkt. Das Metalloxyd wird nun von der Kohle reducirt, indem sich Kohlenoxydgas und kohlensaures Gas bilden, von welchem ersteres an der Mündung des Ofens mit einer großen blaurothen Flamme brennt. Das reducirte Metall, welches sich am Boden des Ofens unter der Schlacke sammelt, ist selten rein, sondern enthält Beimischungen von anderen Metallen, selbst auch von Kohlenstoff, welchen es aus den Kohlen im Reductionsaugenblick aufgenommen hat. Es wird im Ofen vor Oxydirung geschützt, indem die geschmolzene Schlacke seine Oberfläche bedeckt. Der Ofen ist so eingerichtet, daß man Schlacke und Metall, jedes für sich auslassen kann, in dem Maße, als sie sich ansammeln. — Die Reinigung des erhaltenen Metalls ist für jedes verschieden. Einige Metalle haben nicht alle hier angedeuteten Prozesse nöthig, andere verlangen darin Abänderungen. — Die Kunst, im Kleinen den Metallgehalt und die Verhältnisse eines Erzes bei seiner Bearbeitung im Großen auszumitteln, wird Probirkunst genannt. Man theilt sie in Probiren auf trocknem und auf nassem Wege ein.

Metallfällungen aus Auflösungen durch andere Metalle sind schon längst beobachtet aber erst in neuerer Zeit als elektrisches Phänomen erkannt worden. Im Allgemeinen pflegt ein aufgelöstes Metall, sobald man in die Auflösung ein anderes stärker elektropositives regulinisches Metall taucht, regulinisch an diesem niedergeschlagen zu werden.*) Das hineingesenkte Metall wird dagegen aufgelöst, und häufig tritt das niedergeschlagene Metall in blätterig oder nadelförmig vegetirender (pflanzenartiger) Gestalt auf. Steht das eingesenkte Metall dem aufgelösten an Elektronegativität voran, so findet gewöhnlich durch das Einsenken jenes keine Reduction (Fällung) statt. Fechner führt folgenden Versuch an. Man stecke eine eiserne Klinge oder irgend ein Stück Eisen in eine Auflösung von salpeters., essigs. oder schwefels. Kupfer. Sofort wird sich Kupfer aus der Auflösung auf das Eisen niederschlagen und ein entsprechender Antheil von der Oberfläche des Ei-

---

*) Die Ausnahmen welche vorkommen, daß ein elektropositives Metall ein elektronegatives aus seiner Auflösung nicht zu fällen vermag, erklären sich daraus, daß in diesen Fällen das eingetauchte Metall eine derartige Modification an seiner Oberfläche erfährt (durch chemische Einwirkung), daß es gegen das aufgelöste Metall elektronegativ wird.

sens aufgelöst werden, und wenn man auch die Klinge nur eine sehr kurze Zeit eingetaucht gehalten hat, so wird man sie doch nach dem Herausziehen an der ganzen, mit der Auflösung in Berührung gewesenen, Oberfläche überkupfert finden. — Zu Anfange als man diese Erscheinung bemerkte, glaubte man, das Eisen verwandle sich hierbei wirklich in Kupfer, bis man nachmals entdeckte, daß alles verschwundene Eisen sich in der Auflösung, woraus das Kupfer sich niedergeschlagen hat, wiederfindet. Auch kann man sich von dieser Gegenwart des Eisens in der Auflösung leicht überzeugen; denn wenn man alles Kupfer oder den größten Theil desselben durch längere Berührung der Auflösung mit dem Eisen herausgefällt hat, so wird Blutlauge nicht mehr einen rothbraunen Niederschlag darin bewirken, sondern einen blauen, vermöge erzeugten Berlinerblau's und Galläpfeltinctur nicht mehr einen bräunlichen, sondern einen schwarzen. Der Versuch kann nach **Kortum** und **Zimmermann** folgendermaßen abgeändert werden. Man breite drei oder vier Tropfen salpetersaure Silberauflösung, die vorher mit dem acht- bis zehnfachem Gewicht destillirten Wassers verdünnt worden, auf einer Glastafel so weit aus, daß die Flüssigkeit eine Fläche von etwa 2 □Z. bedeckt, und lege nun ein Kupferkorn von der Größe eines Senfkorns hinein. Dieses erzeugt vermöge Fällung des Silbers einen grauen strauchförmigen Dendriten mit geschlängelten Aesten und Seitenzweigen, der in ein paar Minuten seine ganze Ausdehnung erhält und gewöhnlich den ganzen befeuchteten Raum einnimmt. Statt des Korns von Kupfer kann man auch ein Zink-, Wismuth-, Zinn-, Blei- oder Quecksilbertheilchen, oder die Spitze eines Drahtes aus diesen Metallen in die Auflösung tauchen, um den gewünschten Erfolg zu erhalten; nur muß man manchmal, z. B. beim Wismuth, die Silberauflösung noch stärker verdünnen, wenn die Vegetation schön ausfallen soll, widrigenfalls sich das Metall zu schnell und unordentlich niederschlägt. Eine andere und zwar die gewöhnlichste Art, die Metallfällung durch ein anderes Metall nachzuweisen, ist folgende: Ein Loth Bleizucker (essigs. Blei) wird in neun Loth oder mehr kochenden Wassers gelöst, und nachdem die Lösung filtrirt worden, in ein weites Glas gegossen, das davon ganz erfüllt wird. Dieses verstopft man mit einem Korke, durch welchen ein Zinkstab so hindurchgesteckt ist, daß er bis in die Mitte des Glases reicht. Das Blei schlägt sich an demselben als ein schwarzgraues lockeres Pulver und allmälig in metallischer Gestalt nieder und bildet glänzende, sich an einander setzende Blättchen, die in ihrer Vereinigung binnen 24 Stunden einen glänzenden Bleibaum darstellen. Statt einer Bleiauflösung kann man auch sehr bequem zu diesem Versuch eine Silber- oder Zinnauflösung anwenden. **Witting** gibt als bestes Verhältniß 1 Theil Bleizucker auf 24 Theile Wasser an. Die Vegetation fällt im Allgemeinen um so schöner aus, je verdünnter die Auflösung ist, und man bedient sich mit besserem Erfolge eines dünnen als eines dicken Zinkstabes. **Van Mons** räth zur Erzeugung eines schönen Bleibaums essigsaures Blei zu nehmen, welches mit Säure etwas übersättigt ist. Bleizucker, der mit salpetersaurem Blei oder mit

salpetersaurem Kalk verunreinigt ist, soll nur kurze Blätter geben. Nach alchymistischer Bezeichnungsart heißt der Bleibaum Arbor (lat., Baum) Saturni, der Silberbaum Arbor Dianae und der Zinnbaum Arbor Jovis. Je langsamer und ungestörter (bei mäßiger Temperatur) die Fällung des Metalles geschieht, desto geeigneter pflegt dasselbe im Allgemeinen zu sein in dendritischer (griech., baumartiger) Gestalt aufzutreten. Zinn-, Blei- und Silberauflösungen geben die schönsten Bäume, wogegen Kupfer sich nach Rose stets körnig oder in Schichten niemals in Dendriten niederschlägt. Zimmermann fand bei seinen Versuchen (s. oben) daß auch die Beschaffenheit der Säure des aufgelösten Metalles von Einfluß sei. Er gibt folgende Uebersicht, worin die salzsauren und schwefelsauren Salze die stärksten, die mit * bezeichneten unmerkliche oder gar keine vegetative Wirkung äußerten.

Salzsaures Gold	
Salpetersaures Silber	
Salpetersaures	Quecksilber
Salzsaures	
Salzsaures Nickel	
Schwefelsaures	Wismuth
Salzsaures	
Salpetersaures	
Schwefelsaures	Kupfer
Salzsaures	
Salpetersaures	
Phosphorsaures	
Arseniksaures	
Essigsaures	
* Sauerkleesaures	
* Weinsteinsaures	
* Bernsteinsaures	
* Benzoesaures	
In Ammoniak aufgelöstes	
Salpetersaures	Blei
Salzsaures	
Essigsaures	
* Benzoesaures	
* In Natron aufgelöstes	
* — Kali aufgelöstes	
Salzsaures Arsenik	
Salzsaures	Eisen
* Schwefelsaures	
* Salpetersaures	
* Essigsaures	
Salzsaures Kobalt	
Salzsaures	Zinn
Essigsaures	
* In Kali aufgelöstes	
Salzsaures Zink	
Salpetersaures	Antimon
Salzsaures	
Essigsaures	
Salzsaures	Mangan.
* Weinsteinsaures	

Das fällende Metall scheint keinen oder nur geringen Einfluß zu haben.

Das niedergeschlagene Metall erscheint oft nicht mit dem eigenthümlichen Metallglanz sondern als ein schwarzes Pulver. Erst durch Politur erhält es die Farbe und den Glanz des Metalles. Auch die dendritischen Niederschläge erscheinen anfangs häufig schwarz und glanz-

los. Sie nehmen den Metallglanz jedoch oft im Verlauf der Fällung noch an. Die Cohäsion der gefällten Metalle ist meist locker, oft pulverig. Die Dendriten lassen sich, wenn sie auch bald nach der Bildung einen sehr großen Raum einnehmen, auf einen sehr kleinen zusammendrücken. Neuere Erfahrungen haben jedoch gezeigt, daß die Metalle unter gewissen Umständen auch in Gestalt von festen, zusammenhängenden, hammerbaren Drähten oder Massen gefällt werden können. In dieser Beziehung hat namentlich Wach interessante Beobachtungen gemacht. Derselbe hat gefunden, daß man aus verschiedenen Metallauflösungen (Kupferauflösungen, salzsaurem Antimon, salpetersaurem Wismuth, salzsaurem Zinn, salpetersaurem Silber, salzsaurem Platin) festes cohärentes Metall niederschlagen kann, sobald die Einwirkung des fällenden Metalles auf die zu fällende Auflösung sehr verzögert wird, indem man das Metall durch thierische Blase oder andere, der Flüssigkeit nur langsamen Durchgang verstattende Körper von der zu fällenden Flüssigkeit trennte. Auch wenn man eine einfache Kette zur Fällung anwendet, welche durch eine lange Flüssigkeitsleitung geschlossen ist, erfolgt die Niederschlagung am negativen Metalle in cohärenter Form.*)

Gleich nach geschehener Fällung scheinen die Metalle einen eigenthümlichen elektrischen Zustand zu besitzen. Kastner fand nämlich, daß, wenn man frisch gefälltes, noch an der Zinkstange haftendes Blei, Kupfer oder Zinn sammt dieser Stange noch feucht aus der sauren Flüssigkeit dem Messingscheibchen einer höchst empfindlichen, an einem Spinnewebefaden schwebenden Glasnadel bis auf 4 Linien näherte, Anziehung eintrat. In vielen Fällen hat besonders Zimmermann beobachtet, daß das durch die Fällung erhaltene Metall nicht reines Me-

*) Wach hat namentlich folgende interessante Versuche angestellt. Eine Lösung von 1 Theil schwefs. Kupfers in 6 Theilen Wasser bringe man in ein weites, 2 Pfund Wasser zu fassen fähiges Cylinderglas; in einem darauf passenden Deckel von Papier schneide man zwei kreisrunde Löcher, durch welche zwei an einem Ende mit Blasen verschlossene Röhren eingesteckt werden, so etwa, daß der mit Blase verschlossene Theil zwei Zoll tief unter dem Niveau der Kupferlösung sich befindet. In beide Röhren wird etwas Brunnenwasser gegossen und in die eine dieser Röhren ein Streifen Zinkblech, in die andere ein Stäbchen Eisen gestellt. Schon nach einigen Stunden wird sich an beiden Röhren außerhalb der Blase Kupfer in metallisch fester Form ansetzen, während die Flüssigkeit in der Röhre zu steigen beginnt, und die Menge dieses Kupfers wird sich im Verlaufe von 14 Tagen sehr vermehren. Die Form des so ausgeschiedenen Kupfers glich einem flachen Kuchen, worauf entweder kleine quadratische Flächen, wie von eingegrabenen Krystallen herrührend, oder kleine rundliche Erhöhungen sich zeigten. Es war übrigens dieses Cämentkupfer vollkommen metallisch fest, gleich einer im Feuer geschmolzenen Metallmasse, gab mit der Feile angestrichen eine reine Kupferfläche, war unter dem Hammer streckbar und zeigte ein specif. Gewicht = 8,695. Bei Wiederholung des Versuches wurde das Kupfer auch zuweilen traubenförmig, nierenförmig oder in niedlichen Rosetten von voll-

tall gleich dem in der Flüssigkeit aufgelösten war, sondern eine Legirung von dem gefällten und dem fällenden Metalle. Von dem eingesenkten Metalle hatte sich also ein Theil selbst aufgelöst und war nachher mit gefällt worden. Solche Legirungen treten namentlich in verdünnten und nicht sauren Lösungen auf. Die schönsten Legirungen erhielt aber Zimmermann aus Mischungen von Metallauflösungen. Indem ein Metall durch ein anderes gefällt wird, tritt häufig Gasentwickelung auf. In der Regel ist dieß Wasserstoffgas. Das fällende Metall mit den sich an dasselbe anlegenden gefällten Metalle bildet nämlich eine ein-

---

kommen reiner Kupferfarbe und metallischer Festigkeit erhalten. Besonders schön war eine Form des Kupfers, welches aus seiner Lösung in Schwefelsäure durch Eisenfeile, die mit Stückchen desselben Metalles vermengt war, auf angegebene Weise erhalten ward. Dieses Kupfer bildete nämlich einen flachen Kuchen, worauf kleine Zweige und Verästelungen verworren mit einander verwachsen waren, ganz den Kupfervegetationen der Mansfelder Kupferwerke ähnlich. — Wurden wie im vorigen Versuche, anstatt des Eisens, zerhackte Stückchen von reinem krystallisirtem Zink in die Röhre gebracht, und auf dieselben etwas mit Schwefelsäure schwach angesäuertes Wasser gegossen, so entstand eine Vegetation, die gewöhnlich in der Form von der durch Eisen erhaltenen verschieden war. Es entstanden nämlich von den Punkten der Blase aus, welche das Zink berührten, kleine ästige Verzweigungen, die nach Verlauf eines Monates bis zu einer Länge von 2 Zoll gewachsen waren. Den übrigen Theil der Blase bedecken niedrige Kupfervegetationen von Rosettenform, so daß das Ganze das Ansehen eines, aus einem Hügel gewachsenen Strauches hatte. Eine ähnliche Vegetation wurde erhalten, als Wach anstatt der Zinkstäbchen in die mit Blase verschlossene Röhre eine Zinkstange von $\frac{1}{3}$ Zoll Durchmesser und 8 Zoll Länge stellte. Es erfolgte eine ausgezeichnete baumartige Vegetation. Indessen hat man es nach dem Verfasser keineswegs in der Gewalt, diese baum- und strauchartigen Vegetationen nach Gefallen entstehen zu lassen; öfters erscheinen sie unter denselben Umständen bloß in Rosettenform mit knospigen und kugeligen Erhöhungen. Jedenfalls soll die Kupfervitriollösung nicht allzu verdünnt angewandt werden. Der Verfasser empfiehlt auch hier die Auflösung von 1 Theil des Salzes in 6 Theilen Wasser. — Von ganz anderer als der beschriebenen Form entstehen Vegetationen, wenn man auf folgende Weise experimentirt. Man verbinde einen schwachen versilberten Kupferdraht (von der Stärke einer Claviersaite Nr. 8.) mit der bei dem vorigen Versuche in der Röhre stehenden Zinkstange und leite denselben in die Kupferauflösung hinab, so daß er etwas über 2 Zoll tief hineintaucht. Derselbe wird sich dann mit einer krystallinisch glänzenden Kupferrinde überziehen, auf deren Oberfläche Warzen, Knospen und ähnliche Formen entstehen, zwischen welchen auch draht- und haarförmiges Kupfer hervorwächst. Vorzüglich am Ende des Drahtes entstanden öfters die schönsten, bis zu einer Länge von 1 Zoll und darüber anwachsenden Verzweigungen. Oefters auch bildeten sich auf dem Drahte oktaëdrische Krystalle von einer (wahrscheinlich we-

fache galvanische Kette, durch welche das Wasser zersetzt wird. Es tritt diese Gasentwickelung aber nur dann auf, wenn die gebildete Kette hinlänglich stark, d. h. der elektrische Gegensatz der beiden betreffenden Metalle hinreichend groß ist. Auch durch Wärme wird die Gasentwickelung befördert. Nach Grotthuß ist die Metallreduction von Wärmeentwickelung begleitet, die jedoch nur dann merkbar wird, sobald man mit kleinen Quantitäten Flüssigkeit operirt. Bei größeren Quantitäten wird sie durch das umgebende Mittel zu schnell entzogen.

Nach Fischers Versuchen ist es keinesweges erforderlich, daß das Salz aufgelöst sei, um durch Metalle reducirt zu werden, vielmehr

---

gen Zinkgehaltes) ins Gelbliche sich neigenden Kupferfarbe, vorzüglich alsdann, wenn eine neutrale schwefels. Kupferauflösung angewandt worden; enthielt aber die Kupferauflösung freie Säure, so erschien die Vegetation rein kupferroth. — Ein Stück metallischen Eisens wurde mit einer dreifachen Lage thierischer Blase überzogen, die Enden derselben festgemacht, und das so überzogene Eisen in eine schwache Kupferlösung eingehängt. Nach einigen Tagen bildeten sich die schönsten metallisch festen, mannigfaltigsten Vegetationen von rein kupferrother Farbe, theils in Form von Rosetten und knospenförmig über einander sich ansetzenden Anhäufungen, theils in strauchartigen Verzweigungen. Die Blase war jedoch bloß stellenweise mit diesem figurirten Cämentkupfer bedeckt und zwar entstand die strauchartige Vegetation ganz besonders an den, viele Anlegepunkte darbietenden, mit Zwirn genähten Stellen der Blase. Als Eisen bloß mit einer doppelten Lage Blase überzogen, in Kupfervitriollösung gehängt ward, war die Vegetation minder fest: ganz locker aber, als das Eisen bloß mit einer einfachen Lage Blase überzogen war. Analoge Resultate wurden mit Zink erhalten. — Es wurden zwei ½ Zoll weite Glasröhren (unten) mit dünnen Blättchen von Dachschiefer verschlossen (durch Ankleben mit Siegellack) und in ein mit schwefels. Kupferlösung gefülltes Cylinderglas so eingehangen, daß sie den Boden nicht berührten. In eine dieser Röhren wurde ein Stückchen Zink, in die andere ein Kupferstreifen gestellt, der mit dem Zink durch einen dünnen versilberten Kupferdraht verbunden war. Auch auf diesem Wege wurden feste Metallvegetationen erhalten; eben so, wenn statt des Dachschiefers zur Verschließung der beiden Röhren gesunde Korkscheibchen von etwa 1 Linie Dicke angewandt wurden; nur wuchs in beiden Fällen die Vegetation weit langsamer als in mit Blase verschlossenen Röhren; fast gleich der Blase aber wirkte ein dünnes Scheibchen zusammengepreßten Hollundermarkes.

Unter Zwischenwirkung einer Flüssigkeitsleitung. — Wenn man Zink und Kupfer durch eine Leitung von 80 Ellen dünnen Eisendrahtes, zur einfachen Kette verbunden, auf eine Kupferauflösung wirken ließ, gelang es nicht, das Kupfer in fester cohärenter Form niedergeschlagen zu erhalten; wohl dagegen, als eine Wasserleitung in folgender Art angewandt ward, die Schnelligkeit des Stromes zu verzögern. — In Fig. 311. sind 5 Stück Cylindergläser von 8 Z. Höhe und 8 Z. Durchmesser mit

reicht schon Berührung der unauflöslichen Salze mit dem fällenden Metall unter Wasser, ja, was noch weniger zu erwarten war, in vielen Fällen selbst trockene Berührung zur Bewirkung der Reduction hin. Doch scheint in letzterem Falle wenigstens Zutritt von Luftfeuchtigkeit unumgängliches Erforderniß zum Erfolg der Reduction zu sein. So werden chroms. Silber und Hornsilber unter Wasser von den meisten elektropositiven Metallen reducirt, und Zink und Eisen, jedoch kein anderes Metall, reduciren das geschmolzene Hornsilber schon vollständig bei trockenem Berühren. Das Hornsilber verändert bei dieser Umwandlung in Metall seine Gestalt nicht, und da wo das Zink oder Eisen es

---

a bezeichnet neben einander stehend abgebildet; hiervon wurden 4 Stück mit einer Kupferlösung, das erste aber mit einer Auflösung von Salmiak in 32 Theilen Wasser angefüllt. In diese schwache Salmiaklösung stellte Wach einen Zinkdraht Z, der etwas länger als das Glas und von der Stärke eines Federkieles war, und an dessen aus der Flüssigkeit hervorragendem Theile ein so langer versilberter Kupferdraht K befestigt wurde, daß er vollkommen über die nebenstehenden, mit Kupferlösung gefüllten Gläser hinreichte. An diesen Draht wurde nun über jeden Nebencylinder ein kurzes Stückchen desselben Drahtes angedreht, und durch ein in die Gläser gedrängt passendes Stückchen Holz durchgesteckt, so daß jeder einzelne von K ausgehende Draht c, c′, c″, c‴ gleich tief in die Kupferlösung hineinreichte. Durch heberförmig gebogene ⅛ Zoll weite und mit Kupferlösung gefüllte Glasröhren d, wurden jetzt alle Glascylinder in leitende Verbindung gesetzt, so daß also der erste mit dem zweiten, der zweite mit dem dritten, der vierte mit dem fünften u. s. w. durch diese Heber d in Communication stand. So wurde diese Vorrichtung ruhig hingestellt, und von Zeit zu Zeit beobachtet. — Nach vielleicht 6 Stunden sammelten sich an den in der Kupferlösung befindlichen Drahtenden kleine Glasblasen, deren Menge jedoch mit der Entfernung von dem Cylinder, in welchem der Zinkdraht sich befand, im umgekehrten Verhältnisse stand, so daß also im zweiten Cylinder an c die Gasentwickelung am stärksten war, im fünften Cylinder dagegen an c‴ wurden nur einige Glasblasen bemerkt. — Am Drahte c, welcher im zweiten Cylinder sich befand, legte sich das Kupfer schon ziemlich fest; obwohl nur als moosartige Vegetation von dunkelrother Farbe an. Im dritten Cylinder bedeckte sich der Draht c′ mit traubenartig vollkommen fester Vegetation von rein kupferrother Farbe; im vierten und fünften Cylinder entstand bloß ein krystallinischer Anflug von Kupfer. — Nach Göbel gelingt die Abscheidung des Goldes in fester Form am besten mittelst eines Golddrahtes und Eisens; die des Platins mittelst Platindrahtes und Eisens; die des Silbers mittelst Silberdrahtes und Zinks. Das Silber schied sich zum Theil in dendritischer Form, zum Theil in tafelartigen festen Blechen ab; Gold und Platin mehr in warzenförmiger Gestalt, jedoch ohne deutliche Krystallform. — Wach erhielt folgende Resultate: Antimon gab ganz ausgezeichnet schöne Vegetationen, wenn auf folgende Weise experimentirt ward. Eine halbe Drachme Chlorantimon wurde in 1 Unze destillirtes Wasser getröpfelt und dem dabei entstandenen

berührte, findet man eine Flüssigkeit, gebildet von salzs. Zink oder salzs. Eisen. Die einzige Bedingung zu dieser Reduction ist nach Fischer: Zutritt der Luft oder richtiger ihrer Feuchtigkeit, und es erfolgt keine Reduction oder die angefangene hört auf, wenn die Berührung beider Körper in einem luftleeren Raume oder in einer wasserfreien Flüssigkeit wie z. B. unter Aether, Weingeist u. s. w. stattfindet. — Auch salpeters. Silber, als trockenes krystallisirtes Salz auf Kupfer,

---

Niederschlage so lange Salzsäure zugesetzt, bis sich derselbe wieder gelöst hatte. In diese stark saure Flüssigkeit wurde eine unten mit Blase verschlossene Röhre gehangen und hierein ein starker Zinkdraht gestellt. Nach 6 Tagen hatte sich die ganze äußere Fläche der Blase mit einer rein metallisch glänzenden Vegetation bedeckt, die auf ihrer Fläche einzelne Erhöhungen hatte. Bei Wiederholung dieses Versuchs wurden einigemale traubenförmige Vegetationen erhalten. — Wismuth (1 Drachme) wurde in verdünnter Salpetersäure aufgelöst und die Lösung mit (3 Unzen) destillirten Wassers vermischt. Das hierdurch ausgeschiedene basische Salz wurde wieder durch etwas Salpetersäure aufgelöst, übrigens wie im vorigen Versuche verfahren. Nach sehr kurzer Zeit schied sich das Wismuth in metallisch festen halbkugeligen Gestalten aus, die sich immer mehr vermehrten, endlich gleichsam zusammenflossen und die ganze äußere Fläche der Blase bedeckten, so daß diese Vegetation auf ihrer Fläche eine Menge glänzender traubenförmiger Erhöhungen und matter Vertiefungen zeigte. Mit der Feile angestrichen war sie vollkommen metallisch fest, gleich einem im Feuer geschmolzenen Wismuthkerne. Verbindet man mit dem bei vorigem Versuch in der Röhre stehenden Zinkdraht einen versilberten Kupferdraht, und leitet diesen zwei Zoll tief in die Wismuthlösung, so entsteht auch hier eine schöne traubenförmige Vegetation in Keulenform, von vollkommen metallischem Zusammenhange. — Ein Theil Zinnsatz wurde in 6 Theilen Wasser gelöst und die Lösung mit etwas Salzsäure angesäuert; im Uebrigen wie bei Antimon verfahren. Die Vegetation war schön; sie bedeckte die Blase mit den niedlichsten Verzweigungen, zwischen welchen etwa einen Zoll lange säbelförmige Gebilde hervorschossen, an denen sich wieder neue kreuzweis ansetzten. Der ganze Wuchs war zart, der metallische Zusammenhang jedoch groß genug, um die Vegetation außerhalb der Flüssigkeit fest zusammenzuhalten; die Farbe vollkommen zinnweiß. Diese Vegetation war ungemein schnell, nämlich in 15 Stunden gewachsen, in welcher Zeit die Flüssigkeit in der Röhre über 2 Zoll gestiegen war. — Eine Drachme Silbersalpeter wurde in 2 Unzen Wasser gelöst und in die mit Blase verschlossene Röhre etwas Quecksilber als reducirendes Metall genommen. Die Vegetation bestand aus sechsseitigen Säulen mit dreiflächiger Zuspitzung; öfters setzten sich ausgebildete Granatdodekaëder an den Säulen an. Diese Säulen waren ziemlich stark, vielleicht $\frac{1}{4}$ bis 1 Linie, und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll lang, übrigens rein silberglänzend. — Chlorplatin wurde mit 8 Theilen Wasser verdünnt und Zink in die durch Blase verschlossene Röhre als reducirendes Metall gebracht. Die Vegetation war fest und spießig von stahlgrauer Farbe.

Zinn, Zink, Kadmium gelegt, wird ziemlich schnell reducirt. Die übrigen Metalle aber wirken gar nicht, oder äußerst langsam ein, so daß erst nach mehren Monaten eine deutliche Reaction wahrgenommen werden kann.

Auflösungen in Weingeist scheinen im Allgemeinen weniger zur Metallreduction geneigt zu sein als Auflösungen in Wasser. Ein Eisenstäbchen, welches man in wässrige salpetersaure Kupferauflösung legt, wird schnell überkupfert, bleibt aber blank in der alkoholischen Auflösung des nämlichen Salzes. Auflösung von Bleizucker in absolutem Alkohol wird nicht reducirt. Kupfersalze und Silbersalze in Weingeist aufgelöst, werden dagegen durch alle Metalle reducirt, die sie in ihren wässrigen Auflösungen fällen.

Merkwürdig ist bei den Metallfällungen der Einfluß der Entgegensetzung eines elektronegativen Metalles. Wenn man in salpeters. Wismuthauflösung feine Stahldrähte auf 2 bis 4 Lin. einer Kupferscheibe annähert, so beobachtet man, nach Zimmermanns Versuchen, daß bald an beiden Endpunkten jener Drähte Halbkreise zum Vorschein kommen, von welchen der an der Kupferseite sich zur ellipsoidischen Sectorfläche dehnen, der entgegengesetzte aber sich runden wird. — Diese Erscheinung ist jedoch nicht auf die angegebenen Metalle und Auflösung beschränkt, sondern überhaupt, wenn man in den Wirkungskreis des vegetirenden ein gleichartiges oder mehr negatives Metall bringt, zeigt sich diese Erscheinung durch die ganze Metallreihe und in allen wirksamen Auflösungen derselben allgemein und endet in der Berührung des vegetirenden mit dem erregenden (d. i. dem, dem fällenden Metall gegenüber gebrachten) Metall. Zieht sich jedoch um letzteres eine Oxydsphäre her, so efflorescirен anfangs nur die abgekehrten Seiten, oder es zeigt zugekehrte abgestumpfte Aestchen, welche dann sich dunkler färbend beerenartige Früchte zu tragen scheinen, die z. B. in der Auflösung des Zinns und Eisens in Salzsäure, worin Kupfer und Zink aufeinander wirken, dem Ganzen die Gestalt der fruchtkeimenden Rennthierflechte ertheilten. Aus diesen breiten sich Zweige gegen das erregende Metall, gewöhnlich zuerst aus der Legirung der beiden Metalle in die Reinheit des letzteren übergehend, aus. — In dieser Entgegensetzung eines elektronegativern Metalls liegt zugleich ein Mittel, die schlummernde Vegetation zu wecken und ihr verzögertes Treiben zu beschleunigen. So schien ein Kupferdraht in salzs. Goldauflösung (auf Glasplatten verbreitet) nicht zu keimen, als bis man seiner Spitze ein Goldstäbchen gegenüber brachte; denn jetzt brach ein Goldzweig aus ihm hervor und rankte gegen den Stab. In einer salzs. Arsenikauflösung wurde ein unfruchtbares Eisenstäbchen, welchem man eine Kupferplatte gegenüber legte, von den schönsten Metallgebüschen des Arseniks umwuchert. Ein Kohlenscheibchen wurde mit essigsaurer Bleiauflösung, dem schon umwachsenen Zinkstab gegenüber, in Berührung gebracht. Die peripherisch ausstrahlende Bleivegetation zog sich bald zur Kohle herüber und das Wachsen nach andern Richtungen schien völlig zu erschlaffen. Die Kohle wurde auf die entgegengesetzte Seite gebracht, und schnell lebte hier die Vegetation auf, indem mehre Zweige zur Kohle fortwuchsen. In salpeters. Quecksilber-

auflösung strömte vom herstellenden Eisenstabe gegen zwei Wismuthstäbe ein zweifacher astreicher Fächer (von Wismuthamalgam?). Zwei convergirende Eisenstäbe in salzs. Antimonauflösung wurden bis auf $2\frac{1}{2}$ Lin. einer Kuperplatte genähert. Sie trieben bald fächerförmig ausgebreitete Aeste, bis zur Berührung des Kupfers. Dieses wurde jetzt $1\frac{1}{2}$ Lin. zurückgerückt, und aus den vorigen zusammengewachsenen Fächern brach ein zweiter, kleinerer hervor. Als man dagegen von einem Zinkstabe in salzs. Eisenauflösung den erregenden Silberstab entfernte, so fiel die reich ausströmende Eisenvegetation zusammen. Man brachte jetzt den Silberstab an die andere Spitze und es entkeimten Gebüsche. Auf diese Weise kann man willkürlich die Vegetation hier aufblühen, dort verwelken lassen, und da sie sich stets dem erregenden Metall nachzieht, die Richtung dieses Zuges bestimmen.

Fischer der sehr viele Beobachtungen über Metallfällungen gemacht hat, theilt die Metalle (die schweren Erzmetalle) hinsichtlich der Reduction in 4 Reihen, nämlich reducirbare und reducirende, nicht reducirbare und nicht reducirende. Die reducirbaren, nach der abnehmenden Anzahl der sie reducirenden Metalle geordnet, bilden folgende Reihe: 1) Gold, 2) Platin, 3) Osmium, 4) Iridium, 5) Rhodium, 6) Palladium, 7) Silber, 8) Tellur, 9) Quecksilber, 10) Arsenik, 11) Antimon, 12) Kupfer, 13) Wismuth, 14) Blei, 15) Zinn, 16) Eisen, 17) Kadmium. — Diese Reihe ist jedoch keinesweges so regelmäßig, daß das folgende Metall immer von einem Metall weniger als das vorhergehende reducirt werde, sondern es finden Gruppen von Metallen statt, welche von einer gleichen Anzahl Metalle reducirt werden, wie z. B. außer Osmium alle übrigen 4 Platinmetalle u. s. w. Noch weniger ist die Reihe dergestalt geordnet, daß immer das nachfolgende Metall das vorhergehende zu reduciren im Stande ist. Würden diese Metalle nach der Leichtigkeit und Vollständigkeit der Reduction geordnet, so würden sie folgende Reihe bilden: Gold, Silber, Osmium, Palladium, Iridium, Platin, Rhodium, Quecksilber, Tellur, Kupfer, Antimon, Wismuth, Arsenik, Blei, Zinn, Kadmium und Eisen, indem das Silber weit leichter und vollständiger als die Platinmetalle, das Quecksilber als das Tellur, das Kupfer als Antimon, Wismuth und Arsenik u. s. w. reducirt wird. — Die reducirenden, von welchen der größte Theil zugleich zur ersten Reihe gehört, nach der abnehmenden Anzahl der von ihnen reducirten Metalle geordnet, bilden folgende Reihe, bei welcher die eingeschlossene Zahl die Anzahl der durch sie reducirten Metalle anzeigt. — 1) Zink (17), 2) Kadmium (15), 3) Eisen (15), 4) Zinn (14), 5) Blei (14). (Beide Metalle nehmen dieselbe Stelle ein, indem sie wechselseitig sich selbst, und eine gleiche Anzahl anderer Metalle reduciren). 6) Kobalt (12), 7) Wismuth (11), 8) Kupfer (11), 9) Mangan (9), 10) Arsenik (9), 11) Antimon (9), 12) Nickel (9), 13) Uran (8), 14) Quecksilber (8), 15) Tellur (7), 16) Silber (5), 17) Palladium (3). — Zu den nicht reducirbaren gehören außer Arsenik alle übrigen Metalle, welche

Säuren bilden, demnach 1) **Titan**, 2) **Chrom**, 3) **Wolfram**, 4) **Molybdän**, 5) **Tantal**, und höchst wahrscheinlich auch 6) **Cerium**; außer diesen auch noch 7) **Uran**, 8) **Kobalt**, 9) **Nickel**, 10) **Magan** und 11) **Zink**. — Die **nicht reducirenden** Metalle zeigen dasselbe Verhältniß zu den nicht reducirbaren, wie die reducirenden zu den reducirbaren. Sie sind nämlich ebenfalls größtentheils dieselben, namentlich sind es alle die Metalle welche Säuren bilden, Arsenik ausgenommen, dann Gold, Platin, Osmium, Iridium und Rhodium.*)

Die Erklärung der Erscheinung der Reduction der Metalle aus ihren Auflösungen durch ein anderes Metall ist folgende. Der erste Niederschlag welcher sich an einem elektropositiven Metalle bildet, wenn man es in die Auflösung eines elektronegativen bringt, ist chemische Zersetzung. Das positive Metall äußert in Folge seiner größern Positivität eine stärkere Anziehung auf den Sauerstoff des aufgelösten Metalls als dieses, und scheidet dieses aus, um an seine Stelle zu treten. Es wird also ein dem reducirten entsprechender Antheil des reducirenden Metalles aufgelöst. Nachdem sich das reducirende Metall mit reducirtem überzogen hat, scheint eine solche Auflösung nicht weiter möglich. Doch hebt die schwammartige Beschaffenheit des reducirten Metalles die Berührung der Flüssigkeit mit dem reducirenden Metalle nicht auf. Sobald aber einmal ein Theil des elektronegativen Metalles niedergeschlagen ist, bilden beide Metalle, das reducirende und das reducirte eine einfache galvanische Kette, welche nun zersetzend auf die Metallauflösung wirkt (s. d. Art. **Galvanismus**).

Man kann daher die Niederschlagung des aufgelösten Metalles auch gleich von Anfang durch eine Combination zweier im elektrischen Gegensatze stehenden Metalle einleiten. Man lege z. B. in eine Kupfervitriolauflösung ein Silber-, Platin- oder Goldstück und führe dann ein Eisenstäbchen hinein. Das Eisen bildet den positiven, das Silber-, Platin- oder Goldstück den negativen Pol. So lange das Eisenstäbchen aber nicht in Berührung mit der negativen Platte kommt, bleibt diese ungeändert; so wie sie aber von demselben berührt wird, beginnt auch sie von der berührten Stelle an sich zu überkupfern. Auch das Eisenstäbchen fährt fort, Kupfer an sich niederzuschlagen. — Man lege ferner auf ein Goldstück in einer Quecksilberauflösung, (etwa von Aetzsublimat), Zinn oder gereinigtes Eisen oder Kupfer, so erhält man

---

*) Wenn ein Grund über das Verhalten der Metalle, welche Säuren bilden, angegeben werden soll, so dürfte er, außer in den Verhältnissen der Verwandtschaft, auch noch in der vorzüglichen Härte und sehr starken Cohäsion dieser Metalle zu finden sein, wodurch auch diese Metalle größtentheils der Einwirkung der Säuren widerstehen. Eben diesen Grund könnte man wohl auch beim Kobalt und Nickel für ihre Nichtreducirbarkeit angeben; daß sie hingegen mehre Metalle reduciren, entspricht ganz ihrem Verhalten zu den Säuren, von welchen sie so leicht aufgelöst werden; daß aber Magan und Zink reducirbar, und Gold, Platin u. s. w. nicht reducirend sind, bedarf keiner besondern Erklärung.

schnell einen bedeutenden Niederschlag metallischen Quecksilbers auf das Gold und Amalgamation desselben. Es wird eine graue Farbe annehmen, nach Reiben mit Löschpapier aber silberweiß werden. Hierher mögen noch folgende Versuche zu rechnen sein. Ein Zinkstäbchen, an welchem ein Platin- oder Golddraht in gerader Richtung befestigt war, wurde (von Fischer) mit dem Zink nach unten in ein Glas gesetzt, in welches darauf von einer gesättigten Auflösung salpeters. Zinks so viel gegossen ward, daß sie $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll über dem Zinke stand und also so viel von dem Platin- oder Golddraht umgab. Darauf wurde auf diese Flüssigkeit eine Schicht verdünnter Auflösung salpeters. Kupfers oder Bleies gebracht. War die Verschiedenheit des spec. Gewichts der obern und untern Flüssigkeit sehr bedeutend, so daß beide lange Zeit ohne sich zu vermischen in dieser Absonderung verharren konnten, so erfolgte die Reduction des Kupfers oder Bleis am Platin- oder Golddraht sogleich, als die Auflösung dieser Metalle diesen Draht berührte. Und selbst in einer Bleikette erfolgte unter diesen Umständen die Reduction am Blei nach wenigen Minuten, ungeachtet von der zu reducirenden Metallauflösung in der kurzen Zeit noch nichts zum Zink gelangt sein konnte. — Sylvester überzog die eine Hälfte einer Glasplatte mit salpeters. Silberauflösung, die andere mit verdünnter Salzsäure, so daß beide sich berührten, darauf legte er das eine Ende eines Platindrahts in das salpeters. Silber, sein anderes Ende lag auf dem Tisch und in den mit verdünnter Salzsäure überzogenen Theil der Glasplatte wurde auf ähnliche Art ein Zinkdraht gelegt. Als er nun die beiden auf dem Tisch liegenden Enden der Drähte mit einander in Berührung brachte, wuchs sehr bald ein schöner Silberbaum von der Spitze des Platindrahts aus. Sobald die Enden der Drähte getrennt wurden, hörte dieses Wachsen auf. — Grotthuß füllte die Hälfte einer dünnen Röhre (6 Zoll hoch und etwas mehr als 3 Lin. im Durchmesser weit) mit einer conc. Auflösung von salpeters. Kupfer. Darauf goß er sehr behutsam eine reine, völlig neutrale, aber verdünnte Auflösung von salpeters. Silber, der, um ihre spec. Leichtigkeit zu vermehren, etwas Alkohol zugemischt worden, in die obere Hälfte mit Vorsicht, daß sich beide nicht mischten. Bis zur Mitte der letzteren Flüssigkeit, also ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll von der ersten, senkte er einen kleinen Kupfercylinder, welcher nicht ermangelte, das Silber in Form von sehr zarten und feinen Verästelungen niederzuschlagen. Diese Silberblumen näherten sich nach und nach der blauen Kupferauflösung und 24 Stunden nachher, nachdem sie dieselbe erreicht hatten, waren ihre Spitzen mit Kupfertheilchen bedeckt zu sehen, deren Farbe völlig verschieden war, und die mit dem Silber nicht verwechselt werden konnten, und während 4 Tagen verlängerte sich diese Kupfervegetation noch um 3 Lin. — Als der Versuch so wiederholt ward, daß statt des Kupfer- ein Zinkcylinder genommen ward, geschah die Fällung des Kupfers an den Enden der Silberzweige weit schneller.

Nach Becquerel ist auch die thermoelektrische Kette geeignet, Metallfällung zu bewirken. Man nehme z. B. zwei Drähte, einen von Platin, den andern von Kupfer, von einer gewissen Länge und unge-

fähr $\frac{1}{3}$ Millim. Dicke und biege jeden Draht an einem seiner Enden zu einer Oese um, den Platindraht zu einer sehr kleinen, den Kupferdraht zu einer von 3 Millim. Oeffnung. Diese Oesen stecke man in einander und an das freie Ende des Platindrahts schließe man einen zweiten Kupferdraht; auch schmelze man ein wenig Schwefel an die Kupferöse an. Nach dieser Vorrichtung stelle man eine Weingeistlampe unter die Platinöse, so daß dieselbe rothglühend wird, die Kupferöse aber nicht, eine Bedingung die man erfüllt, wenn man den Platindraht an das Ende der weißen Flamme bringt, so daß diese sehr wenig von der Kupferöse entfernt ist. Es sei nun in eine U förmige gebogene Röhre eine Lösung von salpetersaurem oder schwefelsaurem Kupfer gegossen und in jeden Arm derselben ein Kupferdraht gesteckt, der mit den Enden der Drähte, aus welchen der oben beschriebene Apparat besteht, in Verbindung ist. Nach Ablauf einer Stunde wird das Ende, welches der negativen Seite entspricht, mit metallischem Kupfer bedeckt, das andere dagegen sichtlich oxydirt sein; dagegen sich keine solche Wirkung zeigt, wenn keine Temperaturdifferenz angebracht wurde.*)

Endlich vermögen auch Ketten mit zwei Flüssigkeiten (s. d. Art. Galvanismus S. 604. ff.) nach Becquerel Fällungen hervorzubringen. Man nehme zwei sehr kleine Glasbecher, gieße in den einen Salpetersäure, in den andern Kalilauge, und verbinde sie mittelst einer gekrümmten, etwas engen Glasröhre, die mit einer Kochsalzauflösung gefüllt ist. Nun tauche man in jede Flüssigkeit einen Platinstreifen, der an das Ende eines Platindrahts befestigt ist, und an jedem dieser beiden Drähte befestige man wiederum einen Draht von demjenigen Metalle, das man dem Versuch unterwerfen will, indem man diese Drähte in eine Auflösung von gleichnamigem Metall tauchen läßt. Hier erfolgt die Fällung an dem mit dem Kali verbundenen Drahte.

Ein aufgelöstes Metall kann durch ein ihm gleichnamiges Metall reducirt werden, wenn man folgendes Verfahren anwendet. Man schichte über die Metallauflösung Wasser und stecke durch beide Flüssigkeiten einen Stab oder ein Blech des nämlichen Metalles (wie das, wel-

---

*) Drähte von Zink, Zinn, Silber, Blei statt der Kupferdrähte am Apparat befestigt, und respectiv in die Auflösung ihrer gleichnamigen Metalle getaucht, geben ähnliche Resultate; Platindrähte dagegen sind ohne Wirkung auf eine Platinlösung. Drähte von Platin, Gold, Silber u. s. w. in Lösungen von Blei, Zinn und Kupfer getaucht und wie oben mit ihnen verfahren, haben durchaus keine fällende Wirkung auf dieselben; doch wird von zwei Silberdrähten, die man in Lösungen von schwefels. oder salpeters. Kupfer eingetaucht hat, der positive stets von der Säure angegriffen, ohne daß sich auf dem negativen ein Niederschlag bildet. — Verlangt man anhaltende Wirkungen von dem thermoelektrischen Apparate, so muß man von Zeit zu Zeit den Kupferring, in welchen der Platinring eingehakt ist, erneuern, weil sonst ein Punkt eintritt, wo das Kupfer ganz oxydirt und die Continuität unterbrochen wird. — Ein Apparat, gebildet aus einem Platindraht und einem Eisendraht brachte keine Zersetzungen zuwege.

ches aufgelöst ist), so schlägt sich in der Regel das Metall aus der Auflösung an dem Theile des eingesenkten Metalles nieder, welcher in dieselbe taucht, wogegen der in das Wasser tauchende Theil des Metalles sich oxydirt, und bei der Berührungsstelle beider Flüssigkeiten der Stab oder das Blech blank bleibt. Buchholz fand, daß der Versuch nicht mit allen Metallauflösungen gelang. Er gelang mit salpeters. Kupferauflösung, salpeters. Silberauflösung, essigs. Bleiauflösung, salzs. Zinkauflösung. Er gelang dagegen nicht beim grünen und weißen salzs. Kupfer, so wie beim grünen schwefels. und salzs. Eisen. Der Versuch gelingt um so besser, je verschiedener die spec. Gewichte des Wassers und der Auflösung sind, je langsamer folglich beide mit einander sich vermischen. Ein geringer Zusatz von Säure zum Wasser wirkt förderlich, zur Auflösung nachtheilig. Oft tritt die Erscheinung der Fällung schon in derselben Auflösung des Metalles auf, wenn diese Schichten von verschiedener Concentration darbietet. Ein elektrischer Gegensatz ist in allen diesen Fällen an dem einen eingesenkten Metallstabe dadurch gegeben, daß er sich gegen die verschiedenen Schichten der Flüssigkeit verschieden positiv oder negativ verhält. Durch diesen elektrischen Gegensatz wird die Metallreduction bewirkt.

Auch andere Körper als Metalle können durch Einsenkung in eine Metallauflösung Reduction des Metalles bewirken, sobald sie nur eine stärkere Verwandtschaft zum Sauerstoff haben als das aufgelöste Metall, und nicht selbst neue Verbindungen mit den Metallen eingehen. Besonders sind es daher die edlen Metalle (welche nur sehr geringe Verwandtschaft zum Sauerstoffe haben), welche durch eine Menge von Körpern aus ihren Auflösungen niedergeschlagen werden, z. B. durch Phosphor, Wasserstoff oder wasserstoffreiche vegetabilische Körper, als Alkohol, Aether u. a. Nach Fischer werden von nichtmetallischen Körpern nur: Gold, Silber, Osmium, Platin, Palladium, Tellur, Quecksilber und Kupfer reducirt. Phosphor reducirt Gold, Silber, Platin, Palladium, Osmium, Quecksilber und Kupfer. Bei allen ist kein wesentlicher Unterschied, in welcher Säure das Metall aufgelöst ist; beim Silber und Gold erfolgt sogar die Reduction eben so gut aus den alkalischen Auflösungen dieser Metalloxyde oder der Metallsalze; ausgenommen beim Kupfer, welches, in Salzsäure aufgelöst, aus dem Grunde nicht reducirt wird, weil es in salzs. Kupferoxydul übergeht und aus der Auflösung niederfällt. — Schwefel wirkt bei gewöhnlicher Temperatur gar nicht, bei erhöhter reducirt er das Gold. Der Schwefel erscheint dann an einzelnen Stellen wie mit Goldadern durchzogen. Beim Silber erfolgt ebenfalls die Reduction nur bei erhöhter Temperatur, und der Schwefel überzieht sich mit Schwefelsilber. Die übrigen Metalle werden nicht reducirt. — Kohle reducirt bei gewöhnlicher Temperatur und ohne Einwirkung des Lichts nichts, bei erhöhter Wärme und zwar selbst noch unter dem Siedepunkte des Wassers, erfolgt auch beim Ausschluß des Lichts die Reduction des Goldes und Silbers. Das erstere überzieht die Kohle als eine glatte metallische Fläche; das Silber hingegen legt sich an einzelnen Stellen in vollkommen metallisch glänzenden Dendriten an. — Selen reducirt nur bei erhöhter Tem-

peratur die Goldauflösung. Das Gold überzieht vollkommen metallisch das Selen, wodurch die fernere Reduction der Auflösung verhindert wird. Silber, Platin und die übrigen Metalle werden nicht reducirt.

Metalloide sind nichtmetallische, feste, den Metallen ähnliche, chemisch einfache Stoffe, welche jedoch zum Theil in dünnen Lagen mehr durchscheinend und im geschmolzenen Zustande größtentheils durchsichtig sind. Mit Ausnahme der Kohle, welche nur als Diamant die Elektricität nicht leitet, sind sie Isolatoren oder schlechte Leiter der Elektricität. Geiger rechnet zu den Metolloiden auch die sonst allgemein als Metalle angenommenen Radicale der Erden, weil man bei keinen derselben bis jetzt Leitungsfähigkeit für Elektricität wahrgenommen hat. Auch Tellur und Arsenik rechnet derselbe nicht zu den Metallen, weil jener dieses gar nicht leitet, und weil sie mit Schwefel und Phosphor viele Eigenschaften gemein haben, namentlich die, mit Wasserstoff bei gewöhnlichem Luftdrucke permanent gasförmige Verbindungen zu bilden, eine Eigenschaft, die sonst keinem Metalle zukommt. Berzelius nennt allgemein alle nicht metallischen Stoffe Metalloide und unterscheidet deren 12, nämlich: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Kohlenstoff, Bor, Kiesel. Die drei ersten dieser Stoffe treten für sich nur in Gasform auf und vereinigen sich nur erst mit andern Stoffen zu festen Verbindungen. Die charakteristischen Eigenschaften der Metalloide sind nach Berzelius: mangelnde Leitungsfähigkeit für Elektricität und Wärme, und ein specif. Gewicht, welches das des Wassers nicht um dreimal übersteigt. Hinsichtlich ihres chemischen Verhaltens theilt derselbe die Metalloide in Sauerstoff und brennbare Stoffe oder Körper, welche sich mit dem Sauerstoff vereinigen können, wobei die meisten das gewöhnliche Verbrennungsphänomen, das Feuer hervorbringen.

Einige theilen die Körper in brennbare und verbrennende. Zu den letzteren rechnen sie dann außer dem Sauerstoff noch mehre andere, wie Chlor, Brom, Jod, Schwefel. Berzelius bemerkt, daß diese Eintheilung nicht passend sei, indem derselbe Körper in einem Falle verbrennend, im andern brennbar sei, z. B. wenn Schwefel in Sauerstoffgas verbrennt, so ist Schwefel ein brennbarer Körper, wenn Kupfer oder Eisen in Schwefelgas verbrennt, ist Schwefel ein brennender Körper.

Meteore (v. d. griech. μετέωρος über der Erde, himmlisch, atmosphärisch) heißen im Allgemeinen alle Veränderungen im Zustande der Atmosphäre und alle Erscheinungen, welche ihren Sitz in der Atmosphäre haben. Der sich mit der Beschreibung und Erklärung dieser Meteore beschäftigende Theil der Physik wird Meteorologie genannt. Dafür bedienen sich einige Physiker des Wortes Atmosphärologie, noch andere des Ausdruckes Witterungslehre. Von den am Himmel vorkommenden Erscheinungen behandelt die Meteoro-

logie nur diejenigen, welche sich innerhalb der Atmosphäre der Erde ereignen, nicht aber die außer dieser vorkommenden, welche sie der Astronomie überläßt. Gegenstände der Meteorologie sind: die Lehre von der Beschaffenheit der Atmosphäre, indem sich aus dieser erst die einzelnen Meteore erkennen lassen, daher auch die Lehren von der atmosphärischen Elektricität und von der Temperatur der Atmosphäre; ferner die einzelnen Meteore: Winde, Stürme, Wirbel (Luftmeteore); die Nebel und alle aus der Atmosphäre erfolgenden wässrigen Niederschläge, als Thau, Regen, Schnee, Graupeln, Hagel, (wässrige Phänomene); die festen aus der Atmosphäre niederfallenden Substanzen, Meteorsteine; die Lichterscheinungen in der Atmosphäre, als: der Regenbogen, die Nebenmonde und Nebensonnen, die Höfe, die Luftspiegelungen (glänzende Meteore); die Feuererscheinungen endlich des Blitzes, des Wetterleuchtens, der Sternschnuppen, der Feuerkugeln, die Nordlichter (feurige Meteore), welche letzteren in dem Erdmagnetismus ihren Grund haben, daher auch dieser ein Gegenstand der Meteorologie ist. (Vergl. d. Art. **Witterung**.)

Ueber **Meteorsteine**, s. d. Art. **Steine vom Himmel**.

Miasmen (v. d. griech. *μίασμα*) sind eigenthümliche, normwidrige Beschaffenheiten der Atmosphäre, welche man für die Ursachen besonderer Krankheiten hält, und sich nicht unter die gewöhnlichen Witterungsbegriffe subsumiren, so wie durch die gebräuchlichen aërometrischen Instrumente einzeln messen lassen. Früher und zum Theil auch noch jetzt bezeichnete man mit diesem Namen gewisse Contagien oder Ansteckungsstoffe, namentlich die flüchtigen. In neuerer Zeit versteht man jedoch unter Miasma eine in der atmosphärischen Luft enthaltene eigenthümliche Schädlichkeit in flüchtiger Gestalt, die nicht bloß aus kosmischen Verhältnissen herrühren, und von dem Erdkörper aus in die Atmosphäre kommen, sondern auch von organischen Wesen verursacht werden kann, und zwar sowohl durch Verbrauch des Athmenbaren in eingeschlossener Luft, besonders in Orten, wo sich verhältnißmäßig zum Raume eine zu große Menge von Menschen vereinigt befinden, wie in Schiffen, Hospitälern, Gefängnissen und jedem Zimmer, welches nicht gelüftet wird u. s. w., als auch durch Verwesung animalischer und vegetabilischer Theile in ihr oder auch bloß durch Auswürfe u. s. w. Das Miasma suchte man gewöhnlich in in der Atmosphäre aufgenommenen, ihrer gewöhnlichen Mischung fremden Gasarten und in Verbindungen derselben, namentlich in Wasserstoffgas, Kohlenwasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas, Schwefelwasserstoffgas, Stickstoffgas, kohlensaurem Gas, Ammoniakgas, in der Hydrothionsäure u. s. w., und ihre Quelle fand man gewöhnlich in sumpfigen Stellen der Erdoberfläche, wo durch Gährung, Fäulniß und Verwesung irrespirable Gasarten sich entwickeln, Verbindungen unter sich bilden, sich mit der Luft vermischen, und Ursache von eigenthümlichen Krankheiten werden. Solche Stellen sind vorzüglich das Nildelta, die Ausmündungen des Ganges, Po, Rhein, Orinoco, die pomtinischen Sümpfe, die sogenannten Maremmen, das Teufelsmeer an den Weser, das Donaumoor bei Ingolstadt, das Todesthal

(Gnepon pas) auf der Insel Java u. s. w. Nach **Rigaud de l'Isle** sollen die Miasmen so schwer sein, daß sie sich ohne Hülfe eines leichteren Körpers gar nicht erheben würden, sie sollen keinen, oft aber auch einen sehr widerlichen Geruch haben, und die Gefahr der Ansteckung durch sie soll des Abends und Morgens größer als am Tage, und am geringsten bei der stärksten Hitze am Tage, am stärksten aber beim Untergange der Sonne sein, und ein Wald, Hügel, Berg oder eine bloße Wand soll mehr oder weniger gegen ihren Einfluß schützen. Diese Resultate stimmen zwar mit Erfahrungen überein, allein oft vermag weder die unmittelbare sinnliche Wahrnehmung, noch das Experiment, noch irgend ein aërometrisches Instrument irgend eine bestimmtere Kunde von etwas so Besonderem, so specif. Abnormen in der atmosphärischen Luft nachzuweisen, als der Begriff von Miasma mit sich bringt, wenn man gleichwohl das Dasein des Miasma in ihr behauptet. Aus diesem Grunde ist man öfters auf den Einfall gekommen, das vorausgesetzte Miasma aus in der Luft lebenden mikroskopischen Thierchen bestehen zu lassen, allein die genauesten deßhalb angestellten Untersuchungen, wie z. B. die unlängst in Bezug auf ein von Manchem in dieser Weise angenommenes Choleramiasma, namentlich von **Ehrenberg** angestellten, haben nichts davon entdecken können. Mag es sich nun damit verhalten wie es wolle, so muß man doch das Vorhandensein derselben anerkennen. Der Mensch befindet sich dabei meistentheils in der Unmöglichkeit, sich ihrer Einwirkung zu entziehen, zumal wenn man die unendliche Menge von Umständen berücksichtigt, welche die Entwickelung dieser Emanationen hervorzubringen vermögen. Zu bemerken ist, daß durch Feuchtigkeit ihre Entwickelung befördert werde und daß sie dadurch verderblicher gemacht werden, wie man es in der Regenzeit in Beziehung auf den Typhus in Spitälern bemerkt. Ihre Ruhe, ihr Mangel an Erneuerung gestatten die Ansammlung und Concentrirung derselben an verschiedenen Orten, die soweit gehen kann, daß der Aufenthalt in denselben tödtlich werden kann. Hieraus folgt, daß das beste Mittel, die Wirkung der in der Luft schwebenden Miasmen zu vernichten, eine sorgfältig unterhaltene Lüftung ist.

L.

Mikrometer (v. d. griech. *μικρός* klein und *μέτρον* Maß) heißt jedes Instrument zum Messen kleiner Größen. Man bedient sich derselben namentlich bei Fernrohren und Mikroskopen, um die Größe des Bildes zu messen, welches durch das letzte Augenglas betrachtet wird. Bei Fernrohren dienen die Mikrometer sowohl, um den scheinbaren Durchmesser eines Sternes, als um seine Stellung gegen einen anderen in seiner Nähe befindlichen Stern zu bestimmen. Dieses ist besonders von Wichtigkeit auf die ihre Stellung verändernden Sterne, namentlich für die Planeten und Kometen.

In dem Brennpunkte jedes Fernrohres (s. d. Art.) pflegt sich ein kleines Bild des Gegenstandes darzustellen, auf welchen das Fernrohr gerichtet ist. Man pflegt daher in der durch diesen Punkt auf der Axe des Fernrohres senkrechten Ebene mehre Fäden auszuspannen, durch welche das Gesichtsfeld desselben in verschiedene kleinere Felder abge-

theilt wird. Diese Fäden dienen zur genauen Bestimmung der Lage der Gestirne, welche man in dem Augenblicke beobachtet, wo sie von diesen Fäden bedeckt werden. Die einfachste Einrichtung eines solchen Fadennetzes ist, daß drei oder mehre Fäden unter sich parallel senkrecht ausgespannt sind, welche an einem horizontalen Faden rechtwinklig geschnitten werden. Die Stellungen der Fixsterne sind bekannt (nach Abweichung und Rectascension, s. d. Art.). Gesetzt nun wir haben ein so eingerichtetes Fadennetz, daß man damit nicht allein das Anstoßen der Sterne an diese Fäden beobachten, sondern auch wenigstens solche Intervalle (Entfernungen) am Himmel messen kann, welche innerhalb des Gesichtsfeldes des Fernrohres liegen, also von 5 bis 10 Minuten, so ist klar, daß ein solches Netz für die Beobachtung der Planeten und Kometen von großem Nutzen sein werde. Man stellt nämlich ein mit einem solchen Fadennetze ausgerüstetes Fernrohr so auf, daß man durch dasselbe einen bekannten Fixstern erblickt, von welchem man weiß, daß er von dem Planeten, welcher eigentlich beobachtet werden soll, nicht weiter entfernt ist, um auch diesen kurz vor oder nach dem Fixsterne in dem Felde des unverrückten Fernrohres zu erblicken. Man mißt nun mittelst des Fadennetzes nur den Abstand des Planeten von dem Fixsterne, und kann hieraus, da der Ort des Fixsternes am Himmel schon bestimmt ist, leicht den gesuchten Ort des Planeten berechnen.

Eine derartige Vorrichtung des Fadenkreuzes ist das Schraubenmikrometer, von welchem, wie von seiner Anwendung Littrow folgende Beschreibung gibt. Auf einer in dem Brennpunkte des Fernrohres senkrecht auf die Axe desselben befestigten, und in ihrer Mitte kreisförmig durchbohrten Messingplatte, HK (Fig. 312. und 313.) ist ein horizontaler Faden FG und ein verticaler DE befestigt. Auf dieser Platte sind zwei feine Schieber mm′ und nn′, zwischen welchen und der Platte sich eine zweite, ebenfalls durchbohrte Platte, parallel mit jener ersten, mittelst einer feiner Schraube Abc auf und ab bewegen läßt. Diese zweite Platte ist ebenfalls mit einem horizontalen Faden fg versehen, der sich, wenn die zweite Platte durch ihre Schraube bewegt wird, parallel mit dem ersten FG auf und ab bewegt. Diese Schraube trägt bei ihrer Handhabe A einen Index b, der während der Umdrehung der Schraube, auf einer eingetheilten Scheibe B herumgeht und dadurch auch z. B. den hundertsten Theil einer Umdrehung dieser Schraube anzeigt. Wenn diese Schraube, wie hier vorausgesetzt wird, sehr feine und durchaus gleiche Windungen hat, so wird man dadurch die senkrechten Distanzen zweier Gestirne sehr genau bestimmen können, wenn einmal der Werth einer ganzen Umdrehung der Schraube bekannt ist. Zu diesem Zwecke stellt man zuerst beide Fäden fg und FG genau auf einander, so daß sie nur einen einzigen zu bilden scheinen, und bemerkt, für diesen Stand des beweglichen Fadens, den Ort des Zeigers b auf der eingetheilten Scheibe B. Dann schraubt man den beweglichen Faden fg so weit über oder unter den festen FG, bis beide Fäden irgend ein bekanntes Gestirn, z. B. die Sonne d an ihrem oberen und unteren Rande genau berühren und bemerkt nun wie-

der den Stand des Zeigers auf seiner Scheibe. Gesetzt der Durchmesser der Sonne betrage volle 32 Minuten, und die Schraube mache $40\frac{1}{4}$ Umgänge, um diesen Durchmesser zwischen den beiden Fäden des Mikrometers zu fassen, so folgt daraus, wie man leicht sieht, daß ein ganzer Umgang der Schraube 47,7 Secunden, und daher jeder hundertste Theil derselben 0,477 Secunden betrage. Dieß vorausgesetzt, habe man ein mit einem solchen Schraubenmikrometer versehenes Fernrohr im Meridian so aufgestellt, daß der Faden FG horizontal und DE vertical steht. In dieser Stellung läßt man einen bekannten Fixstern durch das Feld des Fernrohres gehen und schraubt den beweglichen Faden fg auf ihn, so daß der Stern, während er durch das Feld geht, die ganze Länge dieses Fadens zurücklege. Zugleich beobachtet man auch seinen Durchgang durch den festen verticalen Faden DE. — Dasselbe thut man auch mit dem bald darauf folgenden Planeten und bemerkt zugleich, wie viel Umdrehungen man die Schraube gedreht hat, um den beweglichen Faden von seiner letzten Stelle, wo er den Stern traf, auf diejenige zu bringen, wo der Mittelpunkt des Planeten durch ihn ging. Diese Anzahl der Umdrehungen durch 47,7 multiplicirt, gibt sofort die Differenz der Declinationen beider Gestirne, und die Zwischenzeit, die von dem Appulse des Fixsterns durch den Verticalfaden DE bis zu dem des Planeten verflossen ist, gibt die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne. Da man nun die Rectascension und Declination des Fixsterns bereits kennt, so erhält man dadurch auch sofort die Rectascension und Declination des Planeten.

Bradley hat das sogenannte Rautenmikrometer vorgeschlagen. Man denke sich, sagt Littrow, um das kreisförmige Feld des Fernrohrs ein Quadrat ABCD (Fig. 314.) beschrieben, dessen Seiten jenen Kreis in vier einander gegenüberstehenden Punkten berühren. Von dem obern Berührungspunkte M ziehe man zwei grade Linien oder hier zwei gespannte Fäden MC und MD nach den untern Spitzen des Quadrats, und eben so von dem untern Berührungspunkte N zwei andere nach A und B. Spannt man überdieß noch einen fünften Faden PQ, der durch den Mittelpunkt des Kreises parallel mit der Seite AB oder CD des Quadrats geht, so wird man wie zuvor durch eine geringe Drehung des Quadrats um seinen Mittelpunkt dieses Netz leicht so stellen, daß der letzte Faden PQ dem Wege der Sterne, d. h. dem Aequator parallel ist. Mit einem so eingerichteten und so gestellten Fadennetze wird man dann die Differenz der Rectascentionen und Declinationen der Gestirne leicht bestimmen, wenn man bemerkt, daß, wie aus der erwähnten Construction dieses Netzes hervorgeht, jede PQ parallele Linie ac gleich sein muß der Entfernung bM dieser Linie von dem ihr nächsten Scheitel M oder N der Raute, welche jene vier ersten Fäden unter sich bilden. Hätte man also z. B. den Durchgang eines Fixsterns, dessen Declination 30 Grade beträgt, durch den Punkt a um 4^h 17′ und durch den Punkt c um 4^h 21′ beobachtet, so ist die Differenz dieser Zeiten 4 Minuten. Multiplicirt man diese Differenz, um sie in Bogen zu erhalten durch 15 und überdieß durch den Cosinus der Declination, der hier gleich 0,866 ist, so erhält man 51,96

Bogenminuten, und eben so groß ist also auch der Abstand Mb des Weges ac dieses Sternes von dem Punkte M. Die Zeit aber, wo dieser Stern in der Mitte zwischen seinen Fäden in a und c, d. h. wo er in dem Punkte b war, ist offenbar gleich der Mitte jener zwei Beobachtungszeiten oder gleich 4^h 19'. Hätte man nun ebenso bald darauf einen Planeten auf dieselbe Weise beobachtet, und für ihn den Abstand Mb gleich 32,54 Bogenminuten und die Zeit der Mitte beider Beobachtungen gleich 4^h 22' gefunden, so würde die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne 3 Zeitminuten d. h. 45 Bogenminuten, und die Differenz ihrer Declinationen gleich 19,42 Bogenminuten sein, woraus sich also wieder der Ort des Planeten am Himmel leicht finden läßt, wenn jener des Fixsterns bereits bekannt ist. — Bei einer genauern Betrachtung dieses Netzes wird man leicht finden, daß man auch die Theile der vier ersten Fäden, die außer der Raute liegen, zu demselben Zwecke benutzen, und z. B. die Appulse der Sterne auch in den Punkten a' und b' beobachten kann.

Am einfachsten ist endlich das Kreismikrometer. Man stellt (nach Littrow) einen einfachen Kreis in dem Brennpunkte des Fernrohres auf, und beobachtet den Eintritt in E und C (Fig. 315.) so wie den Austritt der Sterne in E' und C' aus der Peripherie dieses Kreises — Nimmt man nehmlich die Mitte der Ein- und Austrittszeit eines jeden der beiden Gestirne, so erhält man dadurch diejenigen Augenblicke, wo diese Gestirne in der Mitte ihrer Sehnen EE' und CC', oder wo sie in den Punkten F und D waren, in welchen ein auf diese Sehnen senkrechter Halbmesser OM diese Sehnen halbirt, und dann wird die Differenz beider Augenblicke die Differenz der Rectascensionen der beiden Gestirne sein. — Um nun auch aus denselben Ein- und Austritten der Sterne die Differenz ihrer Declination zu erhalten, wird man jede der halben Sehnen CD und EF, oder die halben Zwischenzeiten der Beobachtungen durch 15 mal den Cosinus der Declination der beiden Gestirne multipliciren, wodurch man diese halben Sehnen CD und EF in Bogen ausgedrückt erhält. Kennt man nun bereits den Halbmesser des Kreises, so sind in den rechtwinkelichen Dreiecken CDO und EFO bereits zwei Seiten gegeben, woraus man dann auf die bekannte Art, auch die dritten Seiten OF und OD finden wird, deren Differenz DF gleich der gesuchten Differenz der Declination der beiden Gestirne ist. Den Halbmesser dieses Kreises wird man auf mehr als eine Art leicht bestimmen können, am sichersten aber durch zwei Fixsterne, deren Declinationsdifferenz B nahe gleich dem Durchmesser dieses Kreises ist, so daß also jeder derselben, der eine oben und der andere unten, eine sehr kleine Sehne im Felde des Kreismikrometers beschreibt. Nennt man dann A die Summe der Quadrate der halben Sehnen oder der halben beobachteten Zwischenzeiten in Zeitsecunden ausgedrückt und durch die vorige Größe B dividirt, und nennt man endlich C das Quadrat von 15 mal dem Cosinus der Declination der Mitte zwischen beiden Sternen, so ist der gesuchte Durchmesser des Kreises gleich B + AC. Zu diesem Zwecke kann man schon die dem Auge nächste innere Blendung (Diaphragma) benutzen, die in jedem Fernrohr enthalten ist, wenn man

sie zuvor auf einer Drehbank genau kreisförmig ausdrehen läßt. Bequemer zur Beobachtung wird ein feiner metallener Ring sein, der in der Ebene jener Blendung durch zwei oder drei Stifte befestigt wird, und wenn er etwas kleiner als die Oeffnung dieser Blendung ist, den Vortheil gewährt, daß man die kommenden Sterne vor ihrer Beobachtung sehen und den Eintritt sowohl, als auch den Austritt derselben an den beiden Rändern des Ringes beobachten kann. Die vorhergehende Bestimmung des Halbmessers wird zugleich ein gutes Mittel geben, zu prüfen, ob der Ring an seinen beiden Seiten in der That vollkommen kreisförmig, also zu dieser Art von Beobachtungen geeignet ist. Zu diesem Zwecke darf man nur diesen Ring, nach jeder Beobachtung eines Sternenpaares, etwas weniges in seine Ebene drehen und die beiden Sterne an anderen Punkten der Peripherie durchgehen lassen, um zu sehen, ob man für den Halbmesser des Ringes wieder denselben Werth erhält. Was diesen einfachen Mikrometer vor allen andern besonders empfiehlt, ist erstens der Umstand, daß unsere Künstler einen vollkommenen Kreis viel leichter, als eine gerade Linie von gegebener Neigung darzustellen vermögen, und daß zweitens die Beobachtungen an einem solchen Kreise auch in dem verfinsterten Fernrohre angestellt werden können, während alle anderen Mikrometer eine Beleuchtung des Innern des Fernrohrs erfordern, um die Fäden des Mikrometers sichtbar zu machen, was oft beschwerlich und zuweilen selbst schädlich ist, da man dann sehr kleine oder lichtschwache Gestirne, wie z. B. die neuen Planeten oder sehr matte Kometen, in dem beleuchteten Felde des Fernrohrs, nicht mehr gut sehen kann.

Besonders muß noch das Rochonsche Mikrometer mit Doppelbildern erwähnt werden. Es besteht aus zwei gleichen Prismen von Bergkrystall oder Doppelspath, (vergl. d. Art. Brechung, doppelte), welche so aneinander gefügt sind, daß die brechenden Winkel entgegengesetzte Lagen haben. Das eine Prisma aáb (Fig. 316.) ist so geschnitten, daß die Fläche ab auf die Brechungsachse senkrecht ist; das andere Prisma a′bb′ so, daß die Brechungsachse auf der Fläche bb′ senkrecht steht. Dieses Doppelprisma lenkt durch die gewöhnliche Brechung die senkrecht auf ab fallenden Strahlen nicht von ihrem Wege ab; auch erleidet ein solcher Strahl stt′ in dem ersten Prisma keine ungewöhnliche Brechung (also keine Spaltung), wohl aber wird er im zweiten Prisma auch auf ungewöhnliche Weise gebrochen, also in zwei Strahlen t′g und t′u gespalten. Wird nun ein solches Prisma zwischen das Objectiv des Fernrohres und das im Brennpunkte desselben erscheinende Bildchen gesetzt, so wird jeder Strahlenkegel in zwei Theile getheilt, es müssen daher zwei Bilder im Brennpunkte erscheinen. Ob sie sich zum Theil decken oder nicht, hängt ab, theils von ihrer Größe, theils von dem Abstande des Prisma. Gesetzt es sei (Fig. 317.) A das Objectiv, P das Prisma; dann seien B und b die getrennten Bilder. Setzt man das Prisma aus P nach p, so werden sich die Bilder berühren. Natürlicherweise wird dieses um so eher der Fall sein, je größer diese Bilder sind, je größer mithin die erscheinende Größe des Gegenstandes ist. Es befindet sich mithin ein solches Prisma in

dem Fernrohre vor dem Ocularglase, und läßt sich diesem mehr oder weniger nahe bringen. Man bewegt es so lange, bis beide Bilder einander berühren. An der Röhre des Teleskops ist eine Scale angebracht, welche die Grade des Sehewinkels angibt, unter welchem der gesehene Körper erscheint. Wäre nun anders woher seine wahre Größe bekannt, so ließe sich auch die Entfernung desselben bestimmen. — Bei Mikroskopen bedient man sich eines Mikrometers, das in einem feinen Gitter auf ein ebenes Glas eingerissener, gleichweit von einander abstehender Linien besteht. — Vergl. d. Art. Fernrohr und Mikroskop.

Mikroskop (v. d. griech. μικρός klein und σκοπέω betrachten) ist ein Werkzeug, welches dazu dient, nahe kleine Gegenstände vergrößert zu erblicken und zu beobachten. Dieses geschieht allgemein durch Vergrößerung des Sehwinkels, denn jeder Gegenstand erscheint um so größer, je größer der Winkel ist, unter dem ihn das Auge erblickt, (vergl. d. Art. Gesicht S. 679 f.), daher, je näher er dem Auge gebracht wird. Diese Annäherung kann aber nicht beliebig fortgesetzt werden, so daß der Gegenstand mit derselben Deutlichkeit immer größer erblickt würde. Die Annäherung hat eine Grenze in der deutlichen Sehweite, bringt man den Gegenstand näher ans Auge, so verliert er an Deutlichkeit, weil die von jedem einzelnen Punkte des Gegenstandes ausgehenden Strahlen dann zu stark divergiren. Daher würde das Bild eines jeden Punktes zu weit hinter die Krystalllinse fallen und so ein undeutliches Bild geben. Durch eine Converlinse wird die Divergenz vermindert, daher fallen die Bilder der einzelnen Punkte jetzt auf die Netzhaut, wodurch das Bild des ganzen Objectes deutlich wird.

Die Mikroskope werden eingetheilt in einfache und zusammengesetzte. Ein einfaches Mikroskop besteht nur aus Einer Linse, ein zusammengesetztes aus mehren Linsen oder aus Spiegeln und aus Linsen. Jenes heißt ein dioptrisches, dieses ein katoptrisches Mikroskop. Im Allgemeinen kann jede Converlinse als einfaches Mikroskop benutzt werden, doch nennt man vorzugsweise nur solche Converlinsen einfache Mikroskope, deren Brennweite viel kleiner ist, als die deutliche Sehweite. Unter Loupe versteht man eine Converlinse, deren Brennweite $\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll beträgt. CD (Fig. 318.) sei eine Loupe, AB ein kleiner durch sie zu betrachtender Gegenstand, welcher in der Entfernung der deutlichen Sehweite unter einem zu kleinen Winkel erscheint um genau beobachtet werden zu können, so zeigt ihn die Loupe bei A′B′ in der Entfernung der deutlichen Sehweite, also deutlich und zugleich unter einem bedeutenderen Gesichtswinkel, also vergrößert. Denkt man sich das Auge sehr nahe an der Linse, und diese von der Art, daß man ihre Dicke vernachlässigen und sich das Auge in ihrem optischen Mittelpunkte O vorstellen kann, befindet sich ferner A′B′ in der Entfernung der deutlichen Sehweite (mit freiem Auge), so ist:

$$A'B' : AB = OB' : OB \text{ oder } \frac{A'B'}{AB} = \frac{OB'}{OB}.$$

Bezeichnen wir nun allgemein OB mit a, OB' mit a', die Brennweite der Linse mit p, so wissen wir als allgemeine Formel der Converlinse (s. d. Art. Linse S. 383.) daß $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a'}$, folglich $\frac{A'B'}{AB} = a'. \frac{1}{a} = \frac{a'}{p} - 1$ d. h. die Zahl der linearen Vergrößerung ist um die Einheit kleiner als der Quotient aus der Brennweite der Linse in die deutliche Sehweite. Das Quadrat dieser Zahl gibt die Vergrößerung der Fläche nach. Bei der gewöhnlichen Angabe der Vergrößerung durch Mikroskope ist immer die letztere zu verstehen. Ist die Brennweite eine Linse z. B. = 1 Z.; die Weite des deutlichen Sehens = 10 Z., so ist die lineare Vergrößerung durch diese Linse 9fach, die Flächenvergrößerung 81fach. Da die Vergrößerung einer Linse von der deutlichen Sehweite abhängt, diese aber nicht für alle Augen dieselbe ist (s. d. Art. Gesicht S. 658.), so ist klar, daß auch die Vergrößerung durch eine Linse für verschiedene Augen verschieden, für ein weitsichtiges Auge bedeutender, für ein kurzsichtiges geringer sein werde. Das Gesichtsfeld, d. h. der Raum welcher durch ein Mikroskop auf einmal übersehen werden kann, ist bei einem einfachen Mikroskop im Allgemeinen um so größer, je weniger es vergrößert. Die Deutlichkeit ist um so größer je geringer die sphärische und chromatische Abweichung (s. d. Art.) ist. Bei starken Vergrößerungen ist eine starke Beleuchtung nothwendig, welche man zuweilen mit Hilfe eines kleinen zweckmäßig angebrachten Hohlspiegels bewirkt, des sogenannten Lieberkühn'schen Spiegels. Je weiter sich das Auge des Beobachters vom Glase entfernt, desto mehr vergrößert erscheint das Object, aber desto kleiner wird auch das Gesichtsfeld.

Die einfachste Art der zusammengesetzten Mikroskope besteht wesentlich aus 2 Linsen A und B (Fig. 319.). Gesetzt a b sei der Gegenstand, so würde ihn A für sich bei a'b' vergrößert zeigen; das zweite Glas B bewirkt, daß das Bild noch mehr vergrößert bei a'' b'' erscheint. Die nahe an einander stehenden Gläser vertreten die Stelle einer einzigen mehr converen Linse, haben aber vor dieser den Vorzug größerer Lichtstärke (Helligkeit) und verursachen eine geringere sphärische Abweichung als Eine gleichvielmal vergrößernde Linse. Auf ähnliche Weise lassen sich auch drei Linsen zusammenfügen. Dieß Mikroskop ist von Chevalier so eingerichtet worden, daß man den Gegenstand gleich auf einem matten Glase oder auf einem durchscheinenden Papiere wahrnehmen kann. A und B sind in seinem Instrumente Planconverlinsen, deren Converitäten einander zugekehrt sind, a b ist durch einen Concavspiegel hinreichend erleuchtet und die Strahlen fallen bei ihrem Austritte aus B auf ein dreiseitiges und gleichschenkeliges Prisma, wie CED ist, dringen durch CE. auf die Hypothenuse DE, die mit Papier belegt ist, werden nach CD reflectirt, so daß man oberhalb CD auf einem matten Glase den Gegenstand sehen und ohne Beschwerde nachzeichnen kann.

Eine genauere Beschreibung verdient das hierher gehörige von

Wollaston angegebene Mikroskop, welches sich besonders durch einen eigenen vortheilhaften Beleuchtungsapparat auszeichnet. — Beleuchtungsapparat: TUBE (Fig. 320.) ist eine Röhre von ungefähr 6 Zoll Länge und einem solchen Durchmesser, daß alle Reflexion des fremdartigen Lichtes von den Seiten her verhindert wird, zu welchem Ende es noch sicherer ist, das Rohr inwendig zu schwärzen. Am Ende des Rohres, oder in demselben ein wenig vom Ende, befindet sich eine planconvexe Linse ET, die eine Brennweite von ungefähr $\frac{3}{4}$ Zoll besitzt und mit ihrer flachen Seite dem Gegenstande, der betrachtet werden soll, zugewandt ist. Am Boden ist eine kreisrunde Oeffnung A von ungefähr 0,3 Zoll Durchmesser; sie ist bestimmt, das vom Spiegel R reflectirte Licht zu begränzen, welches darauf von der Linse ET $\frac{8}{10}$ Zoll über derselben in deren Brennpunkt a vereinigt wird, so daß daselbst, in der Ebene des zu untersuchenden Gegenstandes, ein deutliches Bild von der Oeffnung A entsteht. Die Länge der Röhre und die Entfernung der planconvexen Linse von der Oeffnung können jedoch etwas abgeändert werden. Die hier gegebene Länge von 6 Zoll wurde für die Höhe des Auges über dem Tische am zweckmäßigsten befunden. Das Bild der Oeffnung A darf nicht mehr als 0,05 Zoll im Durchmesser halten, es sei denn, die Vergrößerungen wären schwächer als die hier beabsichtigten. Die Stärke der Beleuchtung hängt von dem Durchmesser der Beleuchtungslinse, so wie von dem Verhältniß der Oeffnung zu deren Bilde ab, und kann demgemäß nach Wunsch des Beobachters abgeändert werden. Die Linse ET oder die Oeffnung A muß eine Vorrichtung haben, vermöge welcher man den Abstand zwischen beiden verändern und das Bild der Oeffnung in die Ebene des zu untersuchenden Gegenstandes bringen kann, was vielleicht am zweckmäßigsten dadurch geschieht, daß man beide Röhren in einander schraubt. Linsenapparat des Mikroskopes selbst: Man sieht bei M (Fig. 320.) einen Apparat, der zwei in einander gesteckten Fingerhüten nicht unähnlich ist, nur daß hier die Hüte cylindrisch sind, und anstatt bloß in einander gesteckt zu werden, in einander eingeschraubt sind. Wo die Spitze des Fingerhutes sein würde, sind die Hütchen durchbohrt, und in diesen Oeffnungen sind die zwei planconvexen Linsen, mit den ebenen Flächen nach dem Gegenstande zugekehrt, angebracht (wie in der Figur zu sehen), welche das zusammengesetzte Mikroskop bilden und deren Brennweiten ungefähr im Verhältniß von 3 : 1 stehen. Durch Schrauben der Hütchen lassen sich diese Linsen leicht in einen solchen Abstand von einander bringen, daß sie den bestmöglichen Effect gewähren. Zur Bestimmung des Abstandes zwischen den ebenen Flächen der Linsen ist von Wollaston folgende Vorrichtung angebracht worden. Ein Metalldraht abc (Fig. 321.) wird in die Form einer Zwinge gebogen, und an den Enden mit zwei kleinen Glasplatten de versehen. Zwischen diese Glasplatten wird, wie es die Figur zeigt, das innere Hütchen oder das, worin die Linse mit längerer Brennweite sitzt, eingeschoben, und dann der Abstand zwischen den äußeren Flächen der Glasplatten mit einem Tasterzirkel gemessen. Dann schraubt man das kleine Hütchen in das größere und unterwirft es gemeinschaftlich mit diesem derselben Operation.

Die Zunahme des Abstandes zwischen den beiden äußern Flächen der Glasplatten wird dann offenbar gleich sein dem Abstande zwischen den ebenen Flächen der Linsen. Eine Unterlage zum Tragen der Gegenstände, versehen mit der nöthigen Seitenbewegung, wird zwischen dem Mikroskop und der Linse ET in a befestigt. Diese Einstellung zum deutlichen Sehen geschieht mittelst einer Vorrichtung, die an dem Träger des zusammengesetzten Mikroskopes angebracht ist. Zur Vollkommenheit dieses Mikroskopes ist erforderlich, daß die Axen der Linsen und das Centrum des Oeffnung A in einer und derselben geraden Linie liegen. Dieß ist der Fall, wenn das Bild der Oeffnung in seiner ganzen Ausdehnung erleuchtet und sein Umfang überall gleich gut begränzt ist. Des Nachts kann man sich zur Beleuchtung mit großem Vortheil einer gemeinen Ochsenaugenlaterne bedienen.

Wollaston empfiehlt folgende Anordnung des ganzen Instruments: Eine Röhre von hinreichender Länge und Weite Fig. 322. bildet den Körper des Instrumentes. Das eine Ende derselben verschließt eine Platte, versehen mit einer Schraube, mittelst welcher die Röhre auf dem Deckel des als Fußgestell dienenden Kastens zu diesem Instrumente befestiget werden kann. Oberhalb dieser Platte hat die Röhre, wie durch die punktirte Linie angedeutet ist, einen Ausschnitt, damit Licht auf den kleinen Spiegel falle, welcher an einer durch die Mitte der Röhre gehenden Horizontalaxe befestigt ist. Die Neigung dieses Spiegels kann durch einen, auswendig an der Axe befindlichen Knopf beliebig verändert werden, die übrige Einstellung, senkrecht darauf, geschieht durch Drehen des Kastens dieses Mikroskopes. Ueber der Oeffnung ist in das Rohr ein konischer Einsatz eingelöthet, und in diesen wiederum ein kleines cylindrisches Rohr, welches die zuvorerwähnte Blendung trägt, eingeschraubt. Die planconvexe Linie ist in einem federnden Rohre befestigt, welches in dem größern sich verschieben läßt. Die Lage der Linse kann demnach so verändert werden, daß dadurch das Bild der Blendung in die Ebene des zu betrachtenden Gegenstandes kommt. Ein Stück Tafelglas von zwei Quadratzoll, oder weniger, wenn man es für angemessen hält, dient am Ende des Rohres als Unterlage, und hat zwei gegen einander rechtwinkliche Seitenbewegungen. Der Einsatz, in welchem die Vergrößerungsgläser sitzen, kann durch Zahnstange und Triebrad verschoben werden, doch müssen bei dieser Einrichtung die mikroskopischen Linsen sich durchaus genau in der verlängerten Axe der Röhre bewegen. Das Rohr besteht aus zwei in einander geschobenen Stücken von gleicher Länge, wodurch, wenn sie von einander genommen sind, das ganze Instrument in einen Kasten von ungefähr 4 Quadratzoll eingepackt werden kann. Vorausgesetzt, daß die planconvexe Linse sich in gehörigem Abstande von der Unterlage befinde, kann man das Bild der Blendung leicht in die Ebene des Gegenstandes bringen. Man befestigt nämlich einen dünnen Draht, mit etwas Wachs quer über die Oeffnung desselben, beobachtet einen auf die Glasplatte der Unterlage gelegten Gegenstand mit dem Mikroskop, und ändert die Entfernung der Blendung von der Linse mittelst

der Schraube an ersterer so lange ab, bis das Bild des Drahtes gleichzeitig mit dem Gegenstande auf der Glasplatte deutlich gesehen wird.

Die eigentlich vorzugsweise sogenannten zusammengesetzten Mikroskope beruhen darauf, daß das durch ein einfaches Mikroskop gemachte Bild nicht ohne weiteres durch das Auge aufgefangen, sondern durch ein zweites einfaches Mikroskop betrachtet wird. Jedes der beiden hierbei angewendeten einfachen Mikroskope kann durch zwei Gläser gebildet sein, so daß das eine Glas zur Verstärkung der Wirksamkeit des anderen dient. BC (Fig. 323.) sei der Gegenstand, A ein Converglas; von diesem wird bei bc ein umgekehrtes vergrößertes Bild gemacht und gegen dieses ist das Glas D so gestellt, wie A gegen den Gegenstand BC, so daß ein Auge bei a ein vergrößertes Bild des vergrößerten Bildes bc vom Gegenstande BC erblickt. Die Linsen E und F dienen zur Erhöhung der Wirksamkeit der Linsen A und D. Man nennt A, welche dem Gegenstande (lat. objectum) zunächst steht, die Objectivlinse, D, welche den Augen (lat. oculus) zunächst steht, die Ocularlinse und E und F heißen Sammlungslinsen oder (lat.) Collectivlinsen. Oft ist das Ocular aus 2 Linsen zusammengesetzt, daß sie zusammen wie das Fig. 319. abgebildete Mikroskop wirken. Offenbar wird beim zusammengesetzten Mikroskop eine bei weitem stärkere Vergrößerung, als beim einfachen erlangt werden können, aber es wird auch die Deutlichkeit, Klarheit des Bildes verringert, dem nur durch eine sehr genaue und sorgfältige Einrichtung des Instrumentes abgeholfen werden kann. Besondere Vortheile leisten die achromatischen und aplanatischen Linsen (s. d. Art.). Ein gewöhnliches Mikroskop nach seiner äußerlichen Form stellt Fig. 324. dar, sammt seinem Gestelle. In der (inwendig geschwärzten) Röhre R befindet sich bei l das Objectiv, bei l′ das Ocular. Die Objecte werden auf- oder zwischen Glas auf das durchbrochene Tischchen O gelegt, welches mittelst einer Schraube dem Objective so lange genähert wird, bis das Auge über l′ das Bild des Objectes möglichst deutlich erblickt. Der kleine Hohlspiegel s läßt sich um eine Axe drehen, und muß so gestellt werden, daß er das auf ihn fallende Licht gegen das Object wirft. Die Entfernung des Objectes von dem Objectivglase muß etwas größer sein, als die Brennweite dieses Glases. Fig. 325. versinnlicht den Gang der Strahlen, welche vom Gegenstande aus in das Auge gelangen. Befände sich der Gegenstand ab in dem Brennpunkte der Linse A, so würden die Strahlen eines jeden leuchtenden Punktes nach der Brechung durch A parallel (vergl. d. Art. Linse). Da jedoch der Gegenstand etwas weiter von der Linse A absteht, so entsteht das Bild a′ b′. Die Entfernung der Linse B von dem Bilde a′ b′ ist kleiner als die Brennweite dieses Glases, daher bleiben die von jedem Punkte ausgehenden Strahlen divergirend, nur wird ihre Divergenz kleiner; die verschiedenen Lichtkegel selbst, deren Richtungen durch ihre Axen gegeben sind, werden convergirend, indem sie weniger divergiren, als wenn sie aus dem Brennpunkte der Linse B kämen. Das Auge o erblickt daher das Bild a′ b′ des kleinen Gegenstandes ab unter dem Gesichtswinkel a″ o b″. Den Gang der Strahlen, wenn man zwischen Objectivglas und Ocularglas noch eine

Linse einsetzt, gibt Fig. 326. an. Durch diese Einrichtung übersieht man ein größeres Feld, und man nennt deshalb jenes Glas auch das Feldglas. Diese Einrichtung ist von Campani. Den Gang der Strahlen bei einem Mikroskope nach Ramsden stellt Fig. 327. vor.

Sehr ausgezeichnete, zusammengesetzte, dioptrische Mikroskope sind aus der Fabrik von Frauenhofer und neuerdings aus der von Plößl hervorgegangen (s. d. Folg.). Hier will ich nur die ausführlichere Beschreibung eines derartigen Instrumentes von Amici mittheilen, welches 1829 die Facultät der Wissenschaften in Paris von diesem als Künstler und Physiker gleich ausgezeichnetem Manne erhalten hat. Dasselbe ist Fig. 338. im Ganzen, und in seinen einzelnen Theilen Fig. 328 — 337 dargestellt. BB′ (Fig. 338.) ist das Objectiv, CC′ das Ocular. Das Lichtbündel durch welches man den Gegenstand erblickt, geht anfangs vertical in die Höhe, welches eine unumgängliche Bedingung ist, ohne welche die Wirkungen der Schwere in jedem Augenblicke die Beobachtungen stören würden; aber mittelst einer totalen Reflexion auf der Hypothenuse des Prisma RSR′ wird dieß Lichtbündel in horizontaler Richtung gegen das Ocular gerichtet. Hierdurch wird dem Beobachter eine bequeme Stellung gewährt. Das Objectiv besteht aus 1, 2 oder 3 achromatischen Linsen (Fig. 336.), deren Haupt-Focal-Distanzen 8 bis 10 Millimeter betragen. Sie sind mit 1, 2, 3 bezeichnet, und man kann die Linse 1 allein anwenden; oder die Linsen 1 und 2 mit der Absicht, die erste auf die Röhre zu schrauben und die zweite auf die erste; oder die Linsen 1, 2 und 3, mit der Absicht, ihre natürliche Folge beizubehalten, indem man die dritte auf die zweite schraubt. Im ersten Falle hat man die geringste Vergrößerung, und der Gegenstand befindet sich in der größtmöglichen Entfernung von dem Objectiv; in dem zweiten Falle ist die Vergrößerung bedeutender und der Gegenstand näher gerückt; in dem dritten Falle endlich hat man die stärkste Vergrößerung und die größte Annäherung des Gegenstandes an das Objectiv. Für jede Combination des Objectivs kann man dem Instrumente einer der 6 Oculare 1 bis 6 in Fig. 330. — 335. geben. Die Oculare 1 — 4 sind nach dem nämlichen Princip eingerichtet. Jedes von ihnen besteht aus 2 planconvexen Gläsern A und B, deren Convexität nach der Seite des Bildes gewendet ist. Zwischen diesen Gläsern und genau da, wo das wirkliche Bild des Gegenstandes erscheint, befindet sich ein Diaphragma RG, dessen Oeffnung passend bestimmt ist. In diese Oeffnung bringt man gewöhnlich zwei rechtwinklich sich schneidende feine Fäden an, welche als Mikrometer dienen. Die Oculare 5 und 6 sind einfache Loupen A mit sehr kurzer Brennweite. — Das Ocular 1 wird unmittelbar auf die Röhre TT′ geschraubt; um sich der anderen zu bedienen, nimmt man das erste weg und schraubt auf die Röhre das Stück ZZ′ (Fig. 332.), welches nach einander die Oculare 2 bis 6 aufnehmen kann. Diese Anordnung hat den Vorzug, daß man sehr verschiedene Vergrößerungen erhalten kann, ohne etwas zu verändern weder am Objective, noch am Object, noch am Körper des Instruments. Es ist zweckmäßig auf das Ocular ein schwarzes Blatt zu

bringen, welches alles fremde Licht abhält, und es ist ferner vortheilhaft das ganze Innere der Röhre TT′ mit schwarzem Sammet zu füttern, um jede störende Reflexion des Lichtes von den Seiten zu verhindern. Die durchsichtigen Gegenstände werden stets zwischen zwei Glasplatten gelegt, und es ist im Allgemeinen vortheilhaft sie mit einem Tropfen reinen Wassers zu benetzen, so daß sie ganz von dieser Flüssigkeit umgeben sind. Gewöhnlich erhalten sich diese Platten von selbst in einer solchen Entfernung von einander, daß sie den Gegenstand nicht verletzen. Kommt es vor, daß man den Gegenstand trocken auf einer durchsichtigen Platte beobachten muß, so kann man es noch mit derselben Vergrößerung beobachten, aber sein Bild erscheint stets minder hell und bestimmt. Die Platten zwischen denen sich der Gegenstand befindet, werden über der Oeffnung VV′ des Objectträgers (Fig. 338.) angebracht, und das Stück EDD′, welches sich mit Reibung in der Oeffnung DD′ hebt und senkt, dient sie zu halten und anzudrücken. Der Hohlspiegel MM′ sammelt das Licht der Wolken oder einer Lampe, um es auf den Gegenstand zu concentriren. Das bewegliche Diaphragma FG, welches Fig. 337. im Horizontaldurchschnitt zeigt, dient den Glanz des Lichtes zu mäßigen, man dreht es so, daß jedesmal diejenige Oeffnung in Anwendung kommt, welche am besten dem zu beobachtenden Gegenstande entspricht. Unter dem Diaphragma befindet sich noch ein mattgeschliffenes Glas V, dieß wird bei Anwendung des Sonnenlichtes oder des Lichtes einer starken Lampe so gestellt, daß es den Lichtschein auffängt. Endlich wird der Gegenstand mitelst eines Getriebes P, dessen Knopf bei P′ ist, in den Brennpunkt gestellt. Indem man diesen Knopf P′ in dem einen oder in dem anderen Sinne dreht, hebt oder senkt sich der ganze Objectträger. Die dunkeln Körper, welche man durch das Mikroskop beobachten will, müssen auf eine sehr kleine Scheibe von schwarzem Glase gelegt werden, welche auf eine durchsichtige Platte geklebt und nachher auf den Objectträger gelegt ist. Um sie zu beleuchten bedient man sich entweder der beweglichen Linse LL′, oder des Spiegels MM′, oder beider zugleich. Immer aber ist es zuträglich, auf die kleine Objectivlinse den kleinen durchbohrten Spiegel MM′ (Fig. 336.) zu schrauben, welcher auf den Gegenstand alles Licht zurückwirft, welches er vom Gegenstande selbst, oder vom schwarzen Glase oder von dem großen Reflector MM′ empfängt. Man kann die verschiedenen Theile des Gegenstandes erblicken, indem man den Körper des Mikroskopes TT′ auf dem Gipfel der verticalen Säule, welche ihn trägt, mittelst des Zapfens Y dreht; aber es ist immer vortheilhafter, ihn in seiner Lage festzustellen und nur den Objectträger zu bewegen. Zu diesem Zwecke sind zwei Mikrometerschrauben K und Q angebracht. Die erste dient den Objectträger vor- und rückwärts zu bewegen, die zweite dient ihn rechts und links zu stellen. Mit Hilfe dieser doppelten Bewegung kann man den Gegenstand in seiner ganzen Ausdehnung in jeder Richtung durchgehen, ohne das Bild desselben aus den Augen zu verlieren. Eines der besten Mittel, die vergrößernde Kraft dieses Mikroskopes zu bestimmen, ist eine Camera lucida (s. d. Art. **Kammer, lichte**), welche in einem einfachen parallelen Glase PP′ (Fig.

329.) besteht. Dieser Apparat wird an eins der Oculare mittelst des Ringes NN′ angebracht; man bringt das Auge nach H und betrachtet durch das Glas PP′ in einer bestimmten Entfernung einen sehr genau getheilten Maßstab. Während man die Theilstriche des Maßstabes beobachtet, erblickt man auch durch Reflexion auf der ersten Oberfläche des Glases PP′ das Bild des Gegenstandes, welcher unter das Mikroskop gebracht worden. Ist nun dieser Gegenstand selbst genau getheilt, ist er z. B. ein kleiner Glasstreifen (Mikrometer), auf welchen mittelst eines Diamantes Fünftel, Zehntel oder Hundertel des Millimeters eingerissen sind, so sieht man mit einem Blicke, ein wie großer Theil des Maßstabes durch eine der Abtheilungen des Mikrometers eingenommen wird. Wenn $\frac{1}{10}$ Millimeter des Mikrometers 10 Millimeter des Maßstabes einnehmen, so ist die Vergrößerung 100 u. s. f. *) Man kann sich noch ein Mittel verschaffen, die Vergrößerungen zu verändern, indem man nämlich die Röhre des Mikroskops (mittelst einer gezahnten Stange s. d. Fig.) so einrichtet, daß sie nach Gefallen verlängert werden kann. Doch läuft man dabei Gefahr die Axe des Oculars von der Axe des Lichtbündels zu entfernen. — Kennt man die vergrößernde Kraft des Instrumentes, so ist es leicht den absoluten Durchmesser eines Gegenstandes, welcher beobachtet wird, zu bestimmen. Zu diesem Zwecke projectirt man sein Bild mittelst der Camera lucida auf ein getheiltes Lineal (einen Maßstab) und bemerkt die Länge welche es einnimmt (bei einem Abstande von 14 Z. 5 L. vom Mittelpunkte des Oculars), darauf dividirt man diese Länge mit der vergrößernden Kraft, (welche man aus der in der Anm. angegebenen Tafel entnimmt) gemäß dem

---

*) Das Instrument der Facultät, welches obiger Beschreibung zu Grunde liegt, gibt folgende Vergrößerungen im Durchmesser und in der Fläche:

	Mit dem Objectiv 1.		Mit den Objectiven 1 und 2.		Mit den Objectiven 1, 2 und 3.	
	Durchmesser.	Fläche.	Durchmesser.	Fläche.	Durchmesser.	Fläche.
Das Ocular 1.	89	7921	196	38416	257	66049
= = 2.	161	25921	354	125316	463	214369
= = 3.	228	51984	501	251001	656	430336
= = 4.			1108	1227664	1453	2111209
= = 5.					2381	5669161
= = 6.					4135	17098225

Diese Vergrößerungen sind bestimmt worden, indem das Bild auf einen Maßstab pojectirt wurde, der 14 Z. 5. Lin. oder 39 Centim. vom Mittelpunkte des Oculars gehalten wurde. Die Bestimmtheit der Bilder bis zu den Vergrößerungen 501, 463 und 656 ist unübertrefflich; bei höheren Vergrößerungen genügt das Licht der Wolken nicht mehr; man muß sich des Lichtes einer starken Lampe oder des Sonnenlichtes bedienen. Doch werden mit zunehmender Vergrößerung stets die Bilder zugleich minder scharf begrenzt und in der Mitte weniger genau.

Objectiv und dem Ocular, dessen man sich bedient. Z. B. mit dem Objectiv 1, 2 und 3 und dem Ocular 4, nimmt ein Blutkügelchen beinahe 12 Millimeter ein; die entsprechende Vergrößerung ist 1453; folglich ist der absolute Durchmesser des Blutkügelchens $= \frac{12}{1453} =$ 0,0082 Millimetres. — Auf eine directere Weise kommt man zu demselben Resultate durch die Mikrometerschrauben K und Q, deren oben Erwähnung gethan wurde. Der Knopf der Mikrometerschraube K trägt eine Theilung, welche man von einem festen Anzeiger ausgehend zählt. Z. B. in dem dieser Beschreibung zu Grunde liegenden Instrumente rückt die Schraube für jede Abtheilung um 0,00246 Millim. vor oder geht eben so viel zurück, welches ungefähr nahe ein Zehntausendtheil eines englischen Zolls ist. Folglich wenn man die Schraube um 10 Abtheilungen drehen muß, um das ganze Bild des Gegenstandes unter dem Mikrometerfaden des Oculares hinweggehen zu lassen, so kann man hieraus schließen, daß in dieser Richtung der absolute Durchmesser des Gegenstandes 10 mal 0,00246 Millim. beträgt. Auf gleiche Weise ist auch der Knopf der Mikrometerschraube Q eingetheilt. Jede Abtheilung entspricht hier 0,0031 Millim. — Auch die von der Frauenhoferschen Fabrik in München gelieferten Mikroskope haben von Merz eine Vorrichtung erhalten, nach der sie wie zum senkrechten so auch zum horizontalen Durchsehen benutzt werden können.

Bei den katoptrischen Mikroskopen oder Spiegelmikroskopen, wird die Objectivlinse durch einen Hohlspiegel ersetzt, welcher das Bild herstellt, das durch das Ocular betrachtet wird. Ein Planspiegel dient überdieß um die Strahlen von dem Objecte dem Hohlspiegel zuzuführen. Amici hat gleichfalls die ausgezeichnetsten derartigen Instrumente geliefert. Fig. 339. stellt ein solches vor. Das Lichtbündel, welches von dem Objecte kommt, fällt auf einen kleinen ebenen Spiegel von Metall mm', der das Licht auf den Hohlspiegel MM' wirft und von hier aus wird durch abermalige Zurückwerfung ein Bild in der Nähe des Oculars gemacht. Die Oculare dieses Instrumentes sind genau dieselben, wie die des oben beschriebenen dioptrischen Mikroskopes von Amici. Der Spiegel MM' ist elliptisch gekrümmt. Besonders ausgezeichnet ist die Vollkommenheit mit welcher Amici die Spiegel herstellt. *) Die Gegenstände werden durch Spiegel und Lichter passend beleuchtet.

*) Amici hat an seinen Mikroskopen eigene Vorrichtungen zum Nachzeichnen der beobachteten Gegenstände angebracht, wozu er sich der von ihm verbesserten Camera lucida bedient. (Vergl. oben u. den Art. Kammer.) Die neueste Methode, welche er anwendet ist folgende: Wenn in Fig. 340. A die Röhre des Instrumentes, B das Ocular vorstellt, so bezeichnet C ein daran geschobenes Kästchen; D einen aufrechten Planspiegel von rectangulärer Form, der in der Mitte eine Spalte i (z. B. von weggenommener Belegung) etwas kleiner als die Oeffnung der Pupille hat; E die Fassung eines vor dem Spie-

Indem ich die Beschreibung einer größeren Anzahl einzelner Instrumente für überflüssig halte, glaube ich die Mittheilung der practischen Bemerkungen sowohl in Bezug auf Herstellung als auf Behandlung und Benutzung der Mikroskope von **Baumgartner** nicht unterlassen zu dürfen.

Am einfachsten ist die Einrichtung der **Loupen**. Da diese in der Regel nur aus einer Converlinse bestehen, deren Oeffnung über 5 L. beträgt, so braucht man sie nur mit einer Fassung zu versehen und sie sind zum Gebrauche fertig. Diese Fassung besteht meistens aus einem Ringe aus Horn, Holz oder Elfenbein, seltener aus Metall. Man macht die Linse meistens gleichseitig, damit man sie mit gleicher Wirkung von jeder Seite brauchen kann, nur solche, welche in geübtere Hände kommen, werden planconver oder gar mit Converitäten, deren Radien sich wie 1 : 6 verhalten, gemacht. Da müssen sie aber stets mit der converen Seite gegen das Object gerichtet sein. Nicht selten braucht man zwei sich fast berührende Linsen als Loupe und gibt denselben auch verschiedene Brennweiten, damit man mit jeder einzelnen eine besondere Vergrößerung, und mit beiden zugleich eine dritte Vergrößerung erlangen kann. Solche Loupen werden meistens in Ringe gefaßt, die einen Handgriff haben, mit dem sie mittelst eines Charniers in eine Deckelvorrichtung passen. Eine Fassung aus Horn ist für sie nicht zweckmäßig, weil diese sich leicht verzieht und dann die Axen beider Linsen, wenn sie über einander liegen, leicht von einer geraden Linie etwas abweichen. Es ist gut, sie durch eine mit einer Oeffnung versehenen Zwischenplatte von einander zu trennen, welche nur die der gemeinschaftlichen Axe nahen Strahlen durchläßt und der aus dem Gebiete der ganzen Oeffnung hervorgehenden Undeutlichkeit steuert. — **Plößl** verfertigt seit einiger Zeit achromatische Loupen und zwar sowohl einfache als doppelte. Sie bringen eine überraschende Wirkung hervor. — Wenn man mit einer einfachen Loupe eine starke Vergrößerung erzielen will, so braucht man sie nur in eine lange Röhre zu fassen, an einem Ende die Linse einzusetzen, am anderen die Oeffnung für das Auge anzubringen. Man erlangt diese stärkere Vergrößerung aber nur auf Kosten des Gesichtsfeldes. — Wenn man eine Linse in eine Röhre faßt, deren Länge der Brennweite der Linse gleich ist, und an dem der Augenöffnung entgegengesetzten Ende einen Deckel mit ei-

---

gel befindlichen, rechtwinkeligen, gleichschenkeligen Glasprismas. Befindet sich nun unterhalb desselben die Hand des Beobachters mit einem Zeichenstifte, so bringen die Strahlen davon durch die untere Seite g h des Prismas ein, werden von seiner Hypothenuse f g nach f h reflectirt, wo sie heraustreten und in den Planspiegel gelangen. Wenn also das Auge bei i steht, so wird es mit einem Theile seiner Sehöffnung durch die Spalte das Bild des vergrößerten Objectes, zugleich aber auch mit dem anderen durch den Planspiegel das (aufrechte) Bild der Hand in das Bild projicirt sehen, und daher jenes mittelst des Zeichenstiftes auf einem horizontalliegenden Papiere leicht entworfen werden können.

nem quadratförmigen Loche anbringt, dessen jede Seite mit einer feinen Linienscale versehen ist, so kann man den Apparat als Leinwandmesser brauchen, weil die Anzahl der auf eine Seite des Ausschnittes fallenden Fäden mit der Feinheit und Dichte des Gewebes zusammenhängt. — Einfache Mikroskope werden in der Regel mit einer Metallfassung versehen, die zugleich eine Zange, einen in eine feine Spitze auslaufenden Stift rc. anzubringen gestattet. Scharfe Linsen bekommen an der Rückseite der Fassung einen metallenen Hohlspiegel (Lieberkühn'schen Spiegel), der die Helligkeit erhöht, indem er die die Linsen verfehlenden Strahlen auf das Object zurück wirft. Es ist kaum möglich, eine mikroskopische Linse zu verfertigen, deren Brennweite kleiner ist, als 0,4 L. und diese vergrößert linear 240 Mal, ja selbst die Verfertigung solcher Linsen fordert schon eine große Geschicklichkeit. Will man mittelst eines einfachen Mikroskops eine stärkere Vergrößerung hervorbringen, so muß man entweder Diamant- oder Saphirlinsen anwenden (s. d. Art. Linsen), oder sich mit einem Glaskügelchen begnügen, das aber nie die Deutlichkeit einer ordentlichen Linse gibt. Man erhält solche Kügelchen, wenn man einen feinen Glasfaden in eine Stichflamme hält und das sich sehr schnell bildende Knöpfchen abbricht. Brewster lehrt Wassertropfen, Fischaugen rc. statt einfacher Linsen mit Vortheil gebrauchen.*) Ein Wassertropfen auf ei-

*) Die Linsen, welche Wassertropfen abgeben, haben den Nachtheil, daß sie unaufhörlich ihre Krümmung ändern und in kurzer Zeit durch Verdunstung verschwinden. Daher soll man nach Brewster auf eine Glasplatte Tropfen eines durchsichtigen Firnißes bringen, die vermöge der gegenseitigen Anziehung ihrer Theile von selbst die Kugelgestalt annehmen. Diese Linsen lassen sich jedoch schwer in eine metallene Fassung bringen, und lassen sich schwer in gutem Zustande erhalten. Doch geben sie bedeutende Vergrößerungen und mit großer Schärfe. Nach Sivright soll man kleine Glasstücke über kleine Löcher legen, welche in ein dünnes Platinblatt gebohrt sind, und sie dann durch einen, mittelst des Löthrohrs darauf geblasenen Feuerstrahl schmelzen. Das geschmolzene Glas nimmt die Kugelgestalt an und behält sie nach der Erkältung. Man erhält auf diese Art eine Linse sogleich mit der Fassung. Brewster benutzte auch die Krystalllinsen von Fischen zu Mikroskopen. Beim Gebrauche muß die optische Axe der Linse genau mit der Axe des beobachtenden Auges in parallele Richtung gebracht werden. Nur in dieser Richtung ist das Albumen symmetrisch um eine gegebene Linie angeordnet, und in keiner andern ist der verschiedene Grad der Dichte — durch den die sphärische Abweichung gehoben wird — in einem symmetrischen Verhältnisse zur Gesichtsaxe. Man öffnet zu diesem Zwecke die Sclerotica eines frisch gefangenen Fisches mit einer scharfen Schere, nimmt die Linse sammt der Glasfeuchtigkeit heraus und legt sie auf feines Fließpapier, welches vorher von allen Fäserchen gesäubert worden ist. Die absorbirende Eigenschaft des Papieres wird die vorsichtige Entfernung der Glasfeuchtigkeit befördern. Die Axe der Linse durchschneidet in senkrechter Richtung den schwarzen Ring, welcher die Anheftung der

nem mit einem feinen Loche versehenen Metallplättchen gewährt sogar zwei verschiedene Vergrößerungen, je nachdem man die Metall= oder Wasserseite gegen das Auge kehrt, indem der Tropfen im ersteren Falle platter ist, als im zweiten. Ein Tropfen Alkohol, Schwefelsäure, Ricinusöhl thut noch bessere Dienste, am besten soll ein Tropfen Canadabalsam seyn. Alle diese Körper haben nämlich ein größeres Brechungs= und ein kleineres Zerstreuungsvermögen als Wasser, und gestatten darum auch eine größere Oeffnung und geben deutlichere Bilder. — Einfache mikroskopische Linsen werden oft mit ihrer Fassung in ein eigenes Postament eingesetzt, das mittelst einer besonderen Vorrichtung dem Objecte die nöthige Entfernung vom Glase zu geben gestattet, und mit einem passenden Beleuchtungsapparate versehen ist. — Zusammengesetzte Mikroskope, die nur aus zwei oder drei einander fast berührenden Linsen bestehen, werden wie ein einfaches Mikroskop eingerichtet, jene hingegen, wo das Objectivglas ein wirkliches Bild liefert, erhalten nebst der eigentlichen Fassung, die aus einer meistens metallenen Röhre besteht, noch vieles Zugehör. In der Regel gehören zu einem solchen Mikroskope mehre Objectivlinsen mit verschiedenen Brennweiten, und auch mehre Oculare. Bei der größten Gattung der Frauenhofer'schen Instrumente, so wie bei denen von Plößl, befinden sich sechs Objective und zwei oder gar drei Doppeloculare. Erstere lassen sich meistens am gehörigen Orte aufschrauben, wie das Objectiv bei einem Fernrohre, manchmal sind sie aber in einer Scheibe befestigt, die sich um eine mit der Axe des Instrumentes parallele Axe bewegen läßt, so daß man blos durch Drehen dieser Scheibe das Objectiv wechseln kann, eine Einrichtung, welche zwar beim Gebrauche sehr bequem ist, aber in der Ausführung große Vorsicht und Genauigkeit fordert, indem der geringste Fehler in der Lage der Drehungsaxe schon einen merklichen Centrirungsfehler im Instrumente erzeugt. Die Linsen sind gewöhnlich numerirt, und zwar die schärfste mit der höchsten Nummer; man erkennt aber den Grad der Schärfe aus ihren Oeffnungen, indem diese in dem Maße kleiner werden, wie die Vergrößerungsvermögen zunehmen. Uebrigens werden die Objective fast

---

Ciliarfortsätze in der Nähe des Aequators der Linse bezeichnet. Die von ihrer Kapsel wie mit einem zarten und glatten Häutchen überzogene, von der Glasfeuchtigkeit völlig befreite Linse wird vorsichtig von dem Papier in eine Höhlung herabgerollt (welche von einem kupfernen Reif gebildet wird, der sich auf einer runden Platte von demselben Metalle erhebt) und durch vorsichtige Bewegung ihre Lage so lange verändert, bis sich die schwarzen Fortsätze in paralleler Richtung mit dem Rande der runden Öffnung an der unteren Fläche oder Platte befinden. Ist dieß geschehen, so wird die Axe der Linse senkrecht auf der Platte und parallel mit der Sehaxe sein. Die so zubereiteten Linsen geben ein sehr vollkommenes Bild, und bleiben einige Stunden wirksam brauchbar. Längere Zeit kann man sie in der Glasfeuchtigkeit oder in einem feuchten Gefäße aufbewahren, ehe sie untauglich werden.

immer achromatisch gebaut. Bei Plößl's, Amici's und den neuesten Münchner Mikroskopen werden zwei oder drei Objective zugleich aufgeschraubt, so daß sie sich fast berühren. Dabei ist es nicht gleichgültig, welche Linsen man zusammen verbindet, und der Künstler muß angeben, welche der vorhandenen sich combiniren lassen. Man nennt solche Linsen aplanatische. Da beim Gebrauche verschiedener Objective das Object auch eine verschiedene Entfernung vom Objectivglase haben muß, so ist es nöthig, daß entweder der Tisch, welcher zum Objectträger bestimmt ist, oder die Röhre mit den Gläsern beweglich sei. Baumgartner zieht stets letzteres vor. Die Bewegnng geschieht mittelst einer gezahnten Stange und einem Getriebe, und soll stets sehr sanft vorgenommen werden können, besonders bei stärkeren Vergrößerungen. Bei solchen dürfte eine Schraubenvorrichtung nach Art der gewöhnlichen Mikrometerschrauben den gewöhnlichen Apparaten mit Zahn und Getriebe vorzuziehen sein, weil sie eine freiere Bewegung und ein besseres Einstellen gestattet. — Die Einrichtung des Tisches ist für ein brauchbar sein sollendes Mikroskop ein Gegenstand von großem Belange. Er muß ein Glasmikrometer, ferner einen Aufsatz mit einem Planglase aufnehmen können, auf welchem man kleine Tropfen von Flüssigkeiten anbringt, die man durch das Mikroskop betrachten will, dann einen größeren, aus zwei Holzgläsern bestehenden, zwischen welchen man kleine lebende Thiere einsperrt und ins Gesichtsfeld des Instrumentes bringt; ferner muß er mit einer Klemme versehen sein, in welche die Objectträger geschoben und daselbst fest gehalten werden können. Endlich muß sich noch ein Zängelchen anstecken lassen, wodurch man kleine Objecte einzwängt. — An der größeren Gattung der Plößl'schen Instrumente besteht der Tisch aus zwei über einander befindlichen durchbohrten Platten, worunter die untere fest ist, die obere aber nach zwei Richtungen, die mit einander einen rechten Winkel einschließen, mittelst Schrauben bewegt werden kann, welche zwei Bewegungen bekanntlich zur Erzeugung jeder möglichen Bewegung in der horizontalen Ebene hinreichen. Auf dieser Platte befindet sich ein gabelförmiges Stück, das durch eine Spiralfeder an die Platte angedrückt wird, aber durch einen Druck mit dem Finger leicht gehoben werden kann und die Klemme abgibt, welche den Objectträger festhält. — Vorzüglich kunstreich ist der Tisch an denjenigen Frauenhofer'schen Instrumenten eingerichtet, welche zugleich mit einem Schraubenmikrometer zum Messen kleiner Objecte versehen sind. Figur 341 stellt ihn vor, wie er an der stählernen gezahnten Säule des Mikroskopes angebracht ist. Er besteht aus zwei runden ringförmigen Tischplatten, wovon wieder die untere unverändert befestigt ist, während die obere in einer auf der Axe des Mikroskopes senkrechten Richtung nach allen Seiten bewegt werden kann. Einige dieser Bewegungen dienen dazu, das zu messende Object in die gehörige Lage zu bringen, und nur eine dient zu der Bewegung, durch welche die eigentliche Messung vollzogen wird. Instrumente welche mit diesem Apparate versehen sind, müssen an der Stelle des Diaphragma's ein rechtwinkliges Fadenkreuz haben. — Ein sehr wichtiger Theil eines zusammengesetzten Mikroskopes ist der Beleuch-

tungsapparat. Für durchsichtige Objecte wendet man einen Hohlspiegel an, der sich unter dem Tische befindet, für undurchsichtige hingegen eine Sammellinse. — Eine bedeutend stärkere Beleuchtung gewährt aber für letztere eine prismatische Linse, wie sie zuerst von Selligue in Paris angegeben wurde, die ein dreiseitiges Prisma mit zwei converen Flächen vorstellt, welches macht, daß die Lichtstrahlen, welche durch die erste convexe Fläche einfallen und gebrochen werden, an der planen in der Fassung befindlichen Seite eine Reflexion, und beim Austritte aus der zweiten converen Fläche eine abermalige Brechung erleiden. Bei sehr kleinen Objecten und starker Vergrößerung sah man sich früher, wo man bei Mikroskopen nur einfache Objectivlinsen, die nur eine sehr geringe Oeffnung vertragen, brauchte, genöthigt, nebst dem gewöhnlichen Beleuchtungsspiegel, noch einen Lieberkühn'schen Spiegel anzuwenden, der auf die Objectivfassung aufgesteckt werden kann, und das vom untern Spiegel neben dem Objecte vorübergehende Licht wieder auf das Object zurückwirft, und es so beleuchtet. Heut zu Tage verzichtet man auf solche Spiegel gern. Dafür wendet man bei sehr starken Vergrößerungen mit bedeutendem Vortheil eine Sammellinse an, durch die man das Licht concentrirt, bevor es auf den Hohlspiegel fällt. Bei starkem Tageslichte oder bei gutem Lampenlichte und nicht starken Vergrößerungen reicht schon das direct auf das Object fallende Licht hin, um ein hinreichend helles Bild zu gewähren, und in einem solchen Falle bewirkt das vom Spiegel dem Objecte zugesendete Licht nur eine unangenehme Blendung. Darum wendet man da den Spiegel um, so daß er seine Rückseite dem Objecte zukehrt. Diese Seite soll darum auch stets geschwärzt sein. — Das Gestell eines Mikroskopes soll dem Instrumente die nöthige Festigkeit gewähren und ihm doch auch die nöthigen Bewegungen gestatten. Manches Instrument läßt sich sowohl in die verticale als in die horizontale Lage bringen; an einigen kann man den Körper desselben längs des ganzen Tisches schnell hinschieben, und so sehr schnell von einem Objecte zum andern, oder von einem Theile desselben zum andern übergehen. Manche Beobachter wollen die Objectivlinse eines zusammengesetzten Mikroskopes für sich als einfaches Mikroskop benutzen; darum läßt sich an einigen Instrumenten das Objectiv eigens an das Stativ anschrauben und über dieses dann die Röhre mit dem Reste der Gläser so anbringen, daß man letztere wegnehmen kann, und nur erstere übrig bleibt. — So gut dieses in mancher Hinsicht sein mag, so kann man sich doch nicht verhehlen, daß bei so vielfachen Bewegungen der einzelnen Theile gegen einander die Centrirung stets etwas leiden muß. — Zu dem mikroskopischen Apparate gehören auch noch zwei in Glas getheilte Mikrometer, wovon einer an die Stelle des Objectes, der andere in das Diaphragma, wo das Bild des ersteren erscheint, gebracht werden kann. Auch fein getheilte Scalen auf Elfenbein leisten oft gute Dienste. Ueberhaupt dienen solche Mikrometer zur Bestimmung der Größe kleiner Körper und auch zum Messen der Vergrößerung, die ein Mikroskop hervorbringt.

Beim Gebrauche eines Mikroskopes hat man die Absicht, ent-

weder von einem kleinen Objecte nur ein vergrößertes, deutliches und klares Bild zu erhalten, oder zugleich auch die, die Größe des Gegenstandes zu bestimmen. — Zur Erreichung der ersten Absicht wird blos erfordert, den Gegenstand, um dessen Betrachtung es sich handelt, gehörig zubereitet in die passende Lage und Entfernung von der Objectivlinse zu bringen und ihm den besten Grad der Beleuchtung zu ertheilen. Ueber die Zubereitung des Objectes zu mikroskopischen Betrachtungen lassen sich keine allgemeinen Regeln aufstellen, da diese mit der Natur der Objecte zu sehr wechselt; nur ist zu bemerken, daß darauf ungemein viel ankomme, und daß mancher auch mit dem besten Mikroskope das nicht sieht, was der andere mit einem minder guten wahrnimmt, weil er das Object nicht zweckmäßig zu mikroskopischen Betrachtungen zuzurichten versteht. Diese Objecte werden meistens auf oder zwischen zwei Glasplatten gelegt; letzteres thut man aber nur, wenn man dieselben längere Zeit hindurch aufbewahren oder als Probeobject erhalten will; man läuft aber immer Gefahr wegen kleiner Unreinigkeiten des Glases eine mindere Klarheit und wegen einer ungleichen Glasdicke eine geringere Deutlichkeit zu erhalten. Letzteres tritt besonders leicht ein, wenn das Glas aus einer Glaskugel geschnitten ist, wie es häufig zu geschehen pflegt; ebene Glasplatten, z. B. aus dünnen Spiegeln geschnittene, sind diesem Fehler seltener unterworfen. Bei sehr starken Vergrößerungen ist es unerläßlich, das Object unmittelbar auf ein Glas zu legen, weil die Dicke eines Glasdeckels oft nicht mehr erlaubt, den Gegenstand der Objectivlinse hinreichend zu nähren. Dieses ist besonders bei den aplanatischen Mikroskopen der Fall. — Beim Einlegen des Objectes auf den Tisch des Mikroskopes muß es in die Axe des Instrumentes gestellt werden. Bei schwachen Vergrößerungen, wo das Gesichtsfeld hinreichend groß ist, hat dieses nie eine Schwierigkeit, bei starken Vergrößerungen hingegen wird einiger Tact erfordert, ja es ist manchmal sogar nothwendig, zuerst ein schwaches Objectiv aufzuschrauben und das Object für dieses in die Axe zu stellen, hierauf ersteres durch das schärfere zu ersetzen, in dessen Axe sich dann der Gegenstand ebenfalls befinden wird, wenn man ihn während des Wechselns nicht verrückt hat. Ein mit Rectificirungsschrauben versehener Tisch leistet hierbei besonders gute Dienste, weil man damit Objecte in jeder Richtung sanft und leicht bewegen kann. — Beim Einstellen des Mikroskopes soll man sachte verfahren und besonders bei starken Vergrößerungen wohl darauf sehen, daß man den Objectträger nicht an die Objectivlinse andrücke und beschädige. Je stärker die Vergrößerung ist, deren man sich bedient, desto sanfter muß die letzte Bewegung vorgenommen werden, wenn man nicht die Grenze der größten Deutlichkeit übersehen will. Da bringt schon die kleinste Abweichung von der rechten Stellung einen großen Unterschied in der Deutlichkeit hervor. Auch ist es unumgänglich nothwendig, daß sich jeder Beobachter das Object seinem Auge gemäß einstelle, denn die kleinste Differenz in der Sehweite wird bei scharfen Linsen schon sehr merklich. Auch ist klar, daß man da nur jene Stellen des Objectes deutlich sehen kann, welche gleiche Entfernung vom Objectiv haben. Will man das Object weiter rücken, um

eine andere Stelle desselben zu sehen, so wird darum, falls diese eine andere Entfernung vom Glase hat, ein neues Einstellen nothwendig werden. Beim Gebrauche flüssiger Objecte muß darum auch der Tisch eine horizontale Lage haben. — Ein wesentliches Erforderniß zum Gelingen mikroskopischer Beobachtungen ist die gehörige Beleuchtung des Objectes. Directes Sonnenlicht soll nie zur Beleuchtung gebraucht werden. Dieses Licht beleidiget das Auge, stört die Klarheit des Sehens und bewirkt am Objecte durch die Erhitzung eine naturwidrige Verzerrung. Ebenso soll man das von dunkeln oder grellfarbigen Gegenständen reflectirte Licht meiden. Bei Tage gewährt das Licht weißer Wolken oder einer mäßig weißen, nicht direct von der Sonne beschienenen Mauer die beste Beleuchtung. Nachts leistet eine Wachskerze, eine Lampe mit Banddocht und einer gläsernen Zugröhre oder eine argandische, mit einer matten Glaskugel bedeckte Lampe die besten Dienste. Stellt man ein Mikroskop in die Nähe eines Fensters, so sind oft die dunkeln Fensterkreuze der gehörigen Beleuchtung stark im Wege. Auf das Ocular soll kein grelles Licht fallen, sonst ist es nöthig, einen Schirm daselbst anzubringen. Einen solchen kann selbst die Hand des Beobachters abgeben. — Bei der Beleuchtung von unten durch den Spiegel läßt sich das Licht schon durch die rechte Stellung des Spiegels mäßigen und verstärken, dasselbe gilt auch bei der Beleuchtung mittelst einer Linse von oben. Es ist sehr wesentlich, daß man dem Beleuchtungsapparate die gehörige Stellung zu geben weiß, weil von dieser die Nettigkeit und Reinheit des Bildes so sehr abhängt. Manche Gegenstände, z. B. die Theilstriche eines Glasmikrometers, sieht man bei nur etwas starker Beleuchtung gar nicht, andere nur unvollkommen, wieder andere fordern hingegen ein starkes Licht. Bei der Anwendung der oberen Beleuchtung darf kein Licht vom Spiegel auf das Object fallen. Man erreicht dieses, wenn man den Spiegel so stellt, daß seine Axe in die des Rohres fällt. — Wer einen Gegenstand durch mikroskopische Betrachtung desselben näher kennen lernen will, besehe denselben zuerst mit kleinen Vergrößerungen, um davon größere Partien übersehen zu können und schreite erst stufenweise zu den stärksten Vergrößerungen fort, die er verträgt. Man gebe während der Betrachtung bei derselben Vergrößerung dem Beleuchtungsapparate verschiedene Neigungen gegen die Axe des Rohres, um so bei mehren Abstufungen der Beleuchtung Beobachtungen anzustellen, wehre durch die Hand oder durch einen Schirm alles Licht ab, welches seitwärts unabhängig vom Beleuchtungsapparate auf das Object fällt, und vergesse nicht jeden Gegenstand, der eine untere Beleuchtung gestattet, auch einmal von oben zu beleuchten, und das untere Licht zu unterdrücken. Man lernt den Charakter eines Objectes nie vollständig kennen, wenn man es nur im durchgelassenen oder nur im reflectirten Lichte sieht. — Sehr wichtig ist es in vielen Fällen, die Größe eines mikroskopischen Objectes messen zu können. Dieses kann auf eine zweifache Weise, nämlich entweder mittelst eines Glasmikrometers oder mittelst eines Schraubenmikrometers geschehen. — Im ersteren Falle legt man das Mikrometer auf den Tisch des Instrumentes mit der Fläche, worauf

die Scale verzeichnet ist, nach dem Objectiv hingewendet, legt das zu messende Object darauf und sieht, wie viele Felder, Bruchtheile eines Feldes mit eingerechnet, von demselben bedeckt werden. Kennt man die Größe eines Feldes, so ist dadurch und durch die vorhergehende Beobachtung auch die des Objectes leicht gefunden. Doch darf man nicht vergessen, daß solche Messungen nur bei mäßigen Vergrößerungen vorgenommen werden können, bei starken ist die Differenz im Abstande des Objectes und des Mikrometers vom Objective zu groß, als daß man beide zugleich scharf sehen könnte. — Will man mit einem Schraubenmikrometer eine Abmessung eines Objectes bestimmen, so verfährt man auf folgende Weise: Es wird das Object auf den Tisch des Mikroskopes gelegt, und so eingestellt, daß sein Bild im Gesichtsfelde deutlich erscheint, und sein Rand einen Faden des Fadenkreuzes im Ocular berührt, dann mittelst der Mikrometerschraube senkrecht auf die Richtung des Fadens hingeschoben, bis der entgegengesetzte Rand wieder den Faden berührt und der Werth der Verschiebung an der Theilung des Schraubenkopfes mittelst eines Mikrometers abgenommen. Natürlich muß man den Werth eines Schraubenganges genau kennen. Bei einem Frauenhofer'schen Mikroskope, welches das Wiener Museum besitzt, beträgt dieser Werth 0,00142 W. L., der Schraubenkopf ist in hundert Theile getheilt und der Nonius gibt von jedem Theile $\frac{1}{10}$, so daß man 0,0001 W. L. messen kann, wenn die Schraube keinen leeren Gang hat, welches wohl bei keinem Instrumente im strengsten Sinne der Fall sein dürfte. Für große Bewegungen, die mehre Schraubengänge umfassen, ist überdieß noch eine Längenscale angebracht, die 0,142 W. L. angibt. Soll nun eine solche Messung richtig sein, so muß man den ersten Rand des Objectes in genaueste Berührung mit dem Faden setzen, die zu bestimmende Dimension muß genau auf diesem Faden senkrecht stehen und in einer auf der Axe des Instrumentes senkrechten Ebene liegen. Die erste Berührung stellt man mit der Mikrometerschraube selbst her; um aber die zu bestimmende Dimension in die auf dem Faden senkrechte Lage zu bringen, dienen Schrauben, durch welche die obere Tischplatte um ihren Mittelpunkt gedreht werden kann. Man erkennt leicht, ob man das Object schon in die rechte Lage gebracht hat, wenn man es zugleich nahe an den zweiten Faden des rechtwinkeligen Fadenkreuzes bringt und darauf achtet, ob es beim Fortschieben mittelst der Mikrometerschraube immer gleich weit von demselben bleibt. Zur Bewegung dient eine fernere Schraube, durch welche man die obere Tischplatte nach einer Richtung verschieben kann, welche auf der Richtung der Bewegung durch die Mikrometerschraube senkrecht steht. Die Ebene des Tisches ist genau auf der Axe des Instrumentes senkrecht und bleibt so, wenn er auch durch eine Schraube verschoben wird. Darum wird ein Object, das auf dem Tische oder auf einem dazu passenden Einsatz sich befindet, stets in dieser Lage verbleiben und richtig gemessen werden können. Bei der Untersuchung der Flüssigkeiten, deren Oberfläche stets horizontal ist, muß man auch den Tisch horizontal stellen; darum sind die Füße des Instrumentes mit Stellschrauben versehen. Man braucht die Stellung nicht etwa mit einer Wasserwage

zu machen, sondern dadurch, daß man es dahin zu bringen sucht, daß das Object, wenn es von einem Ende des Gesichtsfeldes zum anderen fortgeschoben wird, stets deutlich gesehen werden kann, ohne es dem Objectivglase nähern oder davon entfernen zu dürfen. Durch dieses Kriterium bringt man auch Objecte die sich in einem Zängelchen befinden, in die gehörige Lage, um sie messen zu können. Noch muß erinnert werden, daß das Fadenkreuz im Ocularaufsatze die vorhin vorausgesetzte Stellung habe. Gewöhnlich ist dieses der Fall, wenn der Ocularaufsatz ganz in die Objectivröhre eingeschraubt ist, und man erkennt, daß die rechte Stellung des Kreuzes vorhanden sei, daraus, daß ein kleines Object stets mit einem Faden in Berührung bleibt, wenn es durch das ganze Gesichtsfeld mit der Mikrometerschraube fortgeführt wird. Wo diese Stellung nicht vorhanden ist, läßt sie sich leicht erreichen, indem man sie so lange ändert, bis obige Berührung im ganzen Gesichtsfelde verharret.

Die Prüfung eines Mikroskopes bezieht sich auf die Untersuchung der Klarheit und auf die Stärke der vergrößernden Kraft. Ueber eine Art die letztere zu bestimmen ist schon oben bei Beschreibung des Amicischen dioptrischen Instrumentes die Rede gewesen. — Die Klarheit oder Helligkeit der Bilder läßt sich bei einer gewöhnlichen Beleuchtung aus der Lichtfülle abnehmen, unter welcher der Gegenstand erscheint. Ein in dieser Beziehung tadelloses Instrument gibt selbst bei Vergrößerungen, die auf 300 reichen, mittelst einer einfachen Kerzenflamme oder bei gewöhnlichem Tageslichte ein hinreichend helles Bild, wenn dieses überhaupt eine Beleuchtung von unten verträgt; Mikroskope, welche directes Sonnenlicht fordern, oder das Licht einer unbedeckten argandischen Lampe ohne zu blenden vertragen, gehören nicht zu den ausgezeichneten. — Die Deutlichkeit eines Bildes wird aus der bestimmten Begrenzung desselben und dem bestimmten Hervortreten einzelner Theile erkannt. Wo diese Eigenschaft in hohem Grade vorhanden ist, wird man ein Object, welches das ganze Gesichtsfeld einnimmt, in allen Theilen desselben, selbst am Rande deutlich sehen, und schon bei mäßigen Vergrößerungen manches wahrnehmen, was bei einer geringern Deutlichkeit kaum bei der größten wahrgenommen wird. Hat man einmal einen etwas delicaten Gegenstand mit einem sehr guten Mikroskope angesehen und sich das Bild wohl eingeprägt, so wird man die Güte eines anderen Instrumentes am besten mit demselben Objecte beurtheilen können. Solche Objecte sind: ein in Oehl getödteter Floh, die Flügel der gemeinen Hausfliege oder der Gelse, Haare vom Rücken einer Haus- oder Feldmaus, eines Maulwurfes, vom Bauche einer Fledermaus, Schuppen von einem Flügel des gemeinen weißen Schmetterlinges, des Papilio Menelaus, der Kleidermotte. — Die Vergrößerung eines Mikroskopes wird bekanntlich durch Vergleichung des Bildes im Gesichtsfelde mit dem des direct gesehenen Gegenstandes gefunden. Man legt z. B. ein fein getheiltes Mikrometer als Object ein und sieht auf das Bild desselben mit einem Auge, zugleich aber auch mit dem andern auf einen in der Entfernung von 8 Z. befindlichen Maßstab, so daß man auf diesem die Projection des Bil-

des wahrnimmt. So vielmal die wirkliche Größe des Gegenstandes in dem Stücke des Maßstabes enthalten ist, welches jenes Bild deckt, so groß ist die Vergrößerungszahl. — Diese Methode fordert einige Uebung und gewährt selbst in den Händen des genauesten Beobachters nicht die Schärfe, welche der nachfolgenden Methode zukommt, die wir dem F. v. Jacquin verdanken. Man stelle das Mikroskop auf eine Basis, an deren Seite sich ein verticales Bret mit einer Linienscale erhebt, und zwar in einer solchen Entfernung vom Mikroskope, die der deutlichen Sehweite vom Oculare aus, gleich gesetzt werden kann, befestige dann über dem Oculare einen kleinen metallenen Planspiegel, mit der in Fig. 342. besonders abgebildeten Vorrichtung, so daß seine spiegelnde Fläche um 45° gegen die Axe des Rohres geneigt und von der Wand, worauf die Scale sich befindet, gerade abgewendet ist. Hierauf lege man ein Glasmikrometer als Object ein, gebe ihm die rechte Entfernung vom Objective, um im Gesichtsfelde ein deutliches Bild zu erhalten, und suche den Spiegel so zu stellen, daß man dieses Bild auf die Scale der verticalen Wand projicirt sieht. Hier wird man leicht angeben können, wie viele Linien ein bekanntes Stück des Mikrometers deckt und wie groß daher die Vergrößerungszahl ist. — Bei dieser Operation wird erfordert, daß die Scale hinreichend deutlich gezeichnet und gehörig beleuchtet sei. Es ist sehr gut, wenn die Zeichnung weiß auf schwarzem Grunde ist und man die Untersuchung Nachts anstellt, wo man mittelst einer Lampe leicht die rechte Beleuchtung trifft. Ferner müssen die Theilstriche des Mikrometers so liegen, daß sie bei der Projection mit den Strichen der Scale parallel werden, und man muß dafür sorgen, daß die Scale dem Oculare gerade gegenüber in derselben Horizontalebene steht. Man soll dabei immer nur die Größe des Bildes in der Nähe der Axe der Röhre zum Vergleichungspunkte nehmen, nicht aber die des dem Rande nahen, weil da ein anderes Vergrößerungsverhältniß herrschen kann, als in der Mitte des Gesichtsfeldes. Messungen, auf solche Weise vorgenommen, haben eine desto größere Schärfe, je geringer die vergrößernde Wirkung des Mikroskopes ist, bei starken Vergrößerungen erscheinen theils die Theilstriche des Mikrometers so dick, daß bei der Bestimmung ihrer Lage stets eine kleine Unsicherheit zurückbleibt, theils ist man gezwungen, Bruchtheile des Abstandes zweier Theilstriche zu schätzen, eine Arbeit, die fast nie fehlerfrei abläuft, indem man wegen zu geringen Gesichtsfeldes selbst bei ungemein fein getheilten Mikrometern kaum mehr als Ein Intervall auf einmal zu sehen bekommt. Man kann diese Methode zwar durch alle Combinationen der Objective und Oculare eines zusammengesetzten Mikroskops durchführen, wird aber bei den letzten starken Vergrößerungen nur mit großer Mühe und nicht ohne Anstrengung der Augen zum Ziele gelangen. Man kann sich aber das Geschäft bedeutend erleichtern, indem man so verfährt. Man suche nach der vorhergehenden Methode die Vergrößerungszahlen bei Anwendung jedes Ocularaufsatzes mit einem der schwächeren Objective. Hierauf lege man ein Mikrometer als Object ein, dessen Scale schon bei der kleinsten Vergrößerung das ganze Gesichtsfeld ausfüllt. Steht einem kein solches Mi-

krometer zu Gebote, so lege man in das Diaphragma einen Schirm mit einer Oeffnung von so geringer Größe, daß sie vom Bilde der Mikrometerscale ganz eingenommen wird. Nun beobachte man mit allen Combinationen der Oculare und Objective die Anzahl der Intervalle des Mikrometers, die auf einmal übersehen werden. Da verhält sich nun die Vergrößerungszahl m bei einer bestimmten Verbindung eines Oculares mit einem Objective, zur Zahl m_1 bei einer anderen Verbindung, wie die Anzahl Intervalle n_1 des in letztem auf einmal übersehenen Mikrometerstückes zur Anzahl dieser Intervalle n im ersten Falle, oder man hat:

$$m : m_1 = n_1 : n \text{ oder } m_1 = m. \frac{n}{n_1}.$$

Da nun n und n_1 durch Beobachtung gegeben sind, und m aus der Bestimmung mittelst der vorhergehenden Methode bekannt ist, so läßt sich m_1 leicht berechnen. Dieses Verfahren hat zuerst Ettingshausen empfohlen. — Zu allen diesen Untersuchungen braucht man Mikrometer, von deren richtigen Theilung man vor ihrer Anwendung gehörig überzeugt sein muß. Besitzt man ein Mikroskop mit einem Schraubenmikrometer, so kann man sich diese Ueberzeugung leicht verschaffen, indem man das Mikrometer nur als Object einzusetzen, und den Abstand je zweier Theilstriche mit Aufmerksamkeit und wiederholt zu messen braucht. — Man kann auch zum Ziele gelangen, wenn man die Oeffnung des Diaphragma eines Mikroskopes hinreichend verengt, das Mikrometer als Object einsetzt, und, indem man verschiedene Theile desselben durch das Gesichtsfeld führt, beobachtet, ob immer gleich viele Längenstücke des Mikrometers auf einmal gesehen werden.

Ueber die Untersuchung der einzelnen Linsen, deren man sich zu Mikroskopen bedienen will, s. d. Art. Linsen S. 390.

Was die Erfindung der Mikroskope betrifft, so sind die einfachen wahrscheinlich schon so lange in Gebrauch gewesen, wie die Linsen überhaupt, deren man sich zur Vergrößerung der Gegenstände bedient, namentlich die großen Gläser, die weitsichtige Personen zum Lesen gebrauchen. Es lag sehr nahe, Linsen mit noch größerer Convexität zu brauchen, um kleinere Gegenstände zu betrachten. Indeß ist der Name Mikroskop wahrscheinlich diesen Linsen erst nach Erfindung der zusammengesetzten Mikroskope gegeben worden. Im Jahre 1612 hat Galiläi ein solches an Sigismund, König von Polen gesendet, und 1619 besaß Drebbel in London ein solches. Wer der eigentliche Erfinder desselben sei, hat nicht genau entdeckt werden können, indeß wird ziemlich allgemein Zacharias Janssen aus Middelburg als solcher anerkannt.

Das Sonnenmikroskop hat große Aehnlichkeit mit der magischen Laterne und ist 1745 von Lieberkühn erfunden worden. Es besteht aus einem Beleuchtungsapparat für den Gegenstand und einer Linse von kurzer Brennweite um ein wirkliches Bild des Gegenstandes zu geben; das Licht, dessen man sich zur Beleuchtung bedient, ist aber das Sonnenlicht. Eines der vollkommensten Sonnenmikroskope ist Fig. 343. abgebildet. Der Beleuchtungsapparat besteht aus dem gläsernen Planspiegel M, einer ersten beleuchtenden Linse RJ von 15 oder 18 Linien

Durchmesser und einer zweiten Linse mit kurzer Brennweite SU, welche der **Focus** (Heerd) heißt. Der Spiegel M wirft das Sonnenlicht zurück, so daß in die Röhre T ein Lichtbündel parallel der Axe derselben gelangt. Durch die erste und zweite Linse wird das Lichtbündel immer stärker convergirend gemacht, so daß die Spitze des ganzen Lichtkegels nahe bei den in der Nähe des Brennpunktes von SU aufgestellten Gegenstand fällt. Um diese Bedingung zu erfüllen, ist es nöthig, daß der Focus beweglich sei, und dieß geschieht mittelst einer gezahnten Stange längs seiner Fassung und eines Getriebes, dessen Knopf sich bei B außerhalb der Röhre befindet. Die Anbringung des Gegenstandes, welcher durchscheinend sein muß, ist von Wichtigkeit. Will man z. B. kleine Körper in Flüssigkeiten beobachten, z. B. Blutkügelchen oder Thierchen verschiedener Art und dergl., so breitet man einen Tropfen der Flüssigkeit auf einen Glasstreifen mit parallelen Wänden aus und bringt denselben unter das Licht des Focus, indem man die Flüssigkeit nach ihm hin wendet. In vielen anderen Fällen kann der Gegenstand einfach zwischen zwei Glasstreifen gebracht werden. Endlich kommen auch Fälle vor, wo man ihn in ein Gefäß mit parallelen Glaswänden einschließen muß, das mit Flüssigkeit gefüllt ist, z. B. wenn man die Circulation des Blutes in dem Schwanze der Froschlarve beobachten will u. dergl. Alle diese Gegenstände können bequem an das Mikroskop gebracht werden mit Hilfe eines Mechanismus, der Fig. 343.) bei PP′ dargestellt ist. P und P′ sind viereckige Streifen von Kupfer, die an den vier Ecken durch kleine Säulen von demselben Metall verbunden sind. Auf jeder der Säulchen befindet sich eine Spiralfeder, welche die dritte Platte Q gegen die Platte P′ drückt. Zwischen Q und P′ werden die Glasstreifen und dergl. geschoben, welche die Gegenstände tragen.*) Dieser Mechanismus muß sich um die Röhre T drehen lassen, damit man dem Object verschiedene Stellungen geben kann ohne ihn zu verrücken und ohne sein Bild aus dem Auge zu verlieren. Um nun ein vergrößertes Bild des Gegenstandes zu erhalten, wird die Linse L die eigentliche Objectivlinse mittelst einer gezahnten Stange und eines Getriebes (dessen Knopf bei B′ sich befindet) so lange dem Object genähert oder von ihm entfernt, bis ein Bild des Gegenstandes mit größtmöglicher Schärfe und Klarheit auf einer weißen mit Leinwand oder Papier überzogenen Tafel 10, 15, bis 20 Fuß von dem Instrument abstehend erscheint. Das Zimmer, in dem die Tafel steht, muß natürlich dunkel sein, während das Instrument in einer Wand desselben angebracht ist. Den Grad der Vergrößerung kann man leicht mittelst eines Objectmikrometers das an die Stelle des Objects gestellt worden, messen, wenn man seine Eintheilung kennt, und beobachtet, wie viele Grade dieser Eintheilung einen wie großen Raum im Bilde einnehmen. Bei den älteren Instrumenten erscheint das Bild stets durch die Farben des Sonnenbildes verunreinigt, namentlich an den Rändern

*) Aehnliche Vorrichtungen sind auch an den gewöhnlichen Mikroskopen angebracht.

und dunkleren Partien. Diesem Uebelstande haben Vincent und Charles Chevalier dadurch abgeholfen, daß sie bei ihren Mikroskopen achromatische Linsen mit hinreichend kurzer Brennweite angewendet haben, z. B. von 2, 3 oder 4 Linien. Will man starke Vergrößerungen haben, so kann die Eine Linse L, durch 2 oder auch 3 Linsen ersetzt werden.

Eine Abänderung des Sonnenmikroskopes ist das Megaskop (v. d. griech. μέγας groß), welches Charles um 1780 erfunden hat. Es ist mannigfach verbessert worden. Fig. 344 stellt ein Megaskop dar, welches aus einer einzigen Linse LL′ besteht, vor welcher man den (undurchsichtigen) Gegenstand B aufstellt, dessen Bild man haben will. Die Linse LL′ muß 28 bis 30 Linien Durchmesser haben, um ein hinlängliches Feld zu umfassen und dem Bilde hinreichende Helligkeit zu gewähren. Sie muß in einer etwas langen Röhre befestigt sein, welche das Licht der Wolken und die Seitenreflection abhält. Zu dem Ende kann auch in der Röhre ein Diaphragma angebracht sein. Natürlich kann die Eine Linse auch durch mehre hinter einander stehende ersetzt werden. Vor der Oeffnung, an welche man sorgfältig die Fassung der Linse anpaßt, sind in gleichem Niveau zwei horizontale Eisenstäbe befestigt, von denen FR den einen darstellt, und deren Verbindung FRF′ zeigt. Diese Stäbe tragen eine Art Wagen CII, welcher auf Walzen rollt und dessen verticale Platte C zur Aufnahme der Objecte bestimmt ist. Eine doppelte Schnur, deren Enden in die dunkle Kammer reichen (in welcher das Bild beobachtet wird), ist an den Wagen befestigt und dient das Object B der Linse zu nähern oder von ihr zu entfernen. Zwei oder mehre ebene Glasspiegel sind äußerlich angebracht, um auf das Object das Licht der Sonne zu reflectiren und um in dem einen oder dem andern Sinne Schatten zu werfen. In gewissen Fällen können die Spiegel auch an den Wagen befestigt sein, um sich mit ihm zu bewegen. Man bedient sich dieses Instrumentes, um vergrößerte (oder verkleinerte) Bilder von Zeichnungen, Gemälden, kleinen Bildwerken oder Basreliefs zu erhalten. Ist die Tafel, auf welcher man das Bild auffängt von Papier oder Musselin wie beim Sonnenmikroskop, so erblickt man vor demselben stehend das Bild. Statt dessen kann man das Bild auch auf einer Tafel mattgeschliffenen Glases auffangen, hinter welcher stehend man es erblickt. Dann kann man die Bilder mit Leichtigkeit auf Strohpapier durchzeichnen.

Das Lampenmikroskop von Adams unterscheidet sich von den zuletzt erwähnten Instrumenten eigentlich nur dadurch, daß bei ihm die Beleuchtung durch eine Lampe geschieht. Es hat daher wiederum wesentlich zwei verschiedenartige Theile, nämlich solche, welche zur Beleuchtung des Gegenstandes dienen und solche, welche das vergrößerte Bild desselben geben. Die erstern sind eine argand'sche Lampe, ein convexes Glas und ein Hohlspiegel; die letztern sind eine kleine convexe Glaslinse und zwei, mehre Zoll breite, Convergläser, die nahe beisammen stehen, und vereinigt als Ein convexes Glas wirken. In der Fig. 345. ist f die Stelle, wo die Lampenflamme sich befindet. Sie ist im Brennpunkte des convexen Glases gg′; daher werden die aus f kommenden Strahlen

parallel, und fallen auf den Hohlspiegel, der so geneigt wird, daß sie von ihm reflectirt auf dem Objecte ab vereinigt werden. Dieses ist nun stark erleuchtet, und da es kein Spiegel ist, so fährt das darauf gefallene Licht von jedem Punkte, also auch von a und b in divergenten Strahlen zurück. Es fällt nun auf die Linse l, welche um ihre Brennweite von dem Objecte entfernt ist. Es werden demnach die Strahlen des Lichtkegels eines jeden Punktes zu parallelen, die Achsen der Lichtkegel selbst aber schneiden einander. Das Licht aus a gelangt nach a′, das von b nach b′ an die größern Sammlungsgläser. Diese haben eine bedeutende Brennweite, jedes etwa 15 bis 16 Zoll. Da sie vereint als Ein Glas wirken, so werden die in a′ und b′ parallel auffallenden Strahlen sich nach der Brechung in der Entfernung von etwa 8 Zollen vereinigen, und die Achsen der Strahlenkegel werden ebenfalls convergiren. So entsteht von a ein Bild in a″ von b in b″. Beide Bilder können von einem Auge zugleich gesehen werden, wenn dieses sich an der Stelle o befindet, wo die Achsen der Lichtkegel einander schneiden. Zur Bequemlichkeit wird in o ein auf einem Gestelle befestigtes Diaphragma angebracht, an dessen Oeffnung das Auge sich anlegt. Je kleiner die Brennweite der Objectivlinse, desto größer erscheint das Object.

Milchstraße heißt der lichte Streifen, welcher fast in der Richtung eines größten Kreises über das Himmelsgewölbe hingeht. Er hat seine lichte Farbe von der Menge der in ihm stehenden Fixsterne, die wir wegen ihrer gewaltigen Entfernung nicht als einzelnstehende Punkte unterscheiden können. Herscheln ist es zuerst gelungen, dieselbe wenigstens in den meisten Theilen mit Hilfe seiner lichtstarken Fernrohre in einzelne dicht bei einander stehende Sterne aufzulösen. Nach ihm ist es wahrscheinlich, daß diese ganze große Anhäufung von Sternen eine linsenförmige Gestalt bildet, nahe in deren Mittelpunkte wir uns befinden, weßwegen sie uns in der bekannten Gestalt erscheint. Blicken wir nämlich gegen die scharfe Kante dieser Linse, so erscheinen uns unzählige Sterne hinter einander, daher dicht zusammengedrängt, während nach der Mitte der beiden großen Seitenflächen dieser Linse, also nach den beiden Polen derselben zu, nur wenig weit auseinanderstehende Sterne sichtbar sind. Diese beiden Pole der Milchstraße befinden sich in der Nähe des Haupthaares der Berenice und der Bildhauerwerkstatt. Wahrscheinlich bildet also die Milchstraße mit ihren unzählbaren Sternen einen Theil des ganzen Sternsystems, deren verschwindend kleiner Theil unser Sonnensystem ist. Außerhalb dieses Sternensystems in weiter Entfernung würde sie uns als ein Nebelfleck erscheinen, und so können wir muthmaßen, daß die Nebelflecke, welche wir am Himmel wahrnehmen wiederum Milchstraßen oder, w. d., andere Sternensysteme, ähnlich dem unseren sind. Die Milchstraße zeichnet sich in einzelnen Theilen durch besondere Helligkeit aus, anderwärts gibt es gleichsam dunkle Oeffnungen in ihr, Spalten und seitwärts auslaufende Aeste. Die wichtigsten Sternbilder, durch welche sie geht sind folgende: Cassiopeia, Perseus, südl. Theil des Fuhrmannes, östl. Arm des Orions, Füße der Zwil-

linge, Monokeros, Schiff (wo sie am hellsten leuchtet), Füße des Kentaurs, Kreuz, südl. Dreieck, Altar, Schwanz des Skorpions, Bogen des Schützen (von hier bis zum Schwan in getheilten Streifen,) östl. Theil des Ophiuchos, sobieskische Schild, Schwanz der Schlange, Adler, Pfeil, Fuchs mit der Gans, Schwan, Kopf des Cepheus bis wieder zu Cassiopeia.

Mittel oder (lat.) **Medium** wird jeder Körper (Stoff) genannt, insofern er einen andern umgibt. Auch von den nicht materiellen Gegenständen der Physik, namentlich von den Bewegungen und den Bewegung zeigenden, sagt man, daß sie sich in einem Mittel befinden, in einem Mittel die Bewegung fortpflanzen, so z. B. vom Schall, vom Licht u. s. w. Wird der Körper, in dem sich die Bewegung bisher fortflanzte, von einem andern unterbrochen, in dem sich die Bewegung weiter fortsetzt, so findet ein Uebergehen des Bewegten aus einem Mittel in ein anderes statt, z. B. des Lichts aus Luft in Wasser. Da das Mittel die Bewegung mehr oder weniger zu behindern pflegt, und der Grad dieser Hinderung oder Verzögerung häufig von der besonderen (materiellen) Beschaffenheit des Mittels abhängt, so wird von einem eigenthümlichen **Widerstande der Mittel** geredet.

Mittelpunkt mathematischer, einer Größe heißt ein von allen ihren Grenzpunkten gleich weit abstehender Punkt. Nicht alle Figuren und Körper haben nach strengem Sinne einen Mittelpunkt (z. B. das Parallelogramm, die Ellipse, der Cylinder, Kegel u. a.), man nennt daher häufig hier denjenigen Punkt einen Mittelpunkt, um welchem sich alle Theile der Figur oder des Körpers symmetrisch (gleichmäßig) anordnen.

Unter **Mittelpunkt der Kräfte**, welche auf einen Körper wirken, versteht man denjenigen (mathematisch bestimmbaren) Punkt, in welchem sich Eine Kraft statt aller zusammen nach verschiedenen Richtungen auf den Körper wirkenden Kräfte so anbringen läßt, daß sie dieselbe Wirkung auf den Körper (in Bezug auf Gleichgewicht oder Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung) hervorbringt, wie jene Kräfte zusammen.

Molécules (franz. molécules) oder **Bestandtheilchen** der Körper, wird zuweilen gleichbedeutend mit **Atome** (s. d. Art.) gebraucht. Einige Physiker nehmen aber an, daß in jedem Körper mehre Atome zusammengruppirt sind und so ein Bestandtheilchen oder Molécule des Körpers bilden. Wie die Atome so sollen dann auch die Molécules in Abständen gegen einander zum Ganzen des Körpers zusammengestellt sein. Je zwei Molécules stehen im Allgemeinen weiter von einander ab, als je zwei Atome eines Körpers.

Monat heißt ursprünglich die Zeit, während welcher der Mond einmal den Wechsel seiner verschiedenen Erscheinungen (Phasen) vollendet; fast in derselben Zeit vollendet der Mond einen Umlauf um den ganzen Himmel. Die längere Zeit fortgesetzte genaue Beobachtung des

Himmels, hat gezeigt, daß man durch die verschiedenen Mittel den Mondlauf in seiner Wiederholung zu bestimmen, zu verschiedenen Zeitbestimmungen kommt, und man hat hiernach den Monaten verschiedene Bezeichnungen beigelegt. Keine der Zeitbestimmungen läßt sich übrigens mit völliger Genauigkeit geben, weil der Monat jeder Art bald etwas länger bald etwas kürzer ist. Die Zeit welche vergeht, bis der Mond, von einem bestimmten Fixsterne ausgegangen, zu demselben zurückkehrt, heißt der siderische Monat und währt nach La Lande 27 T. 7 St. 43 Min. 11,53 Sec. Die Umlaufszeit des Mondes von dem Frühlingspunkte bis wieder zu demselben heißt der periodische oder tropische Monat und beträgt 27 T. 7 St. 43 Min. 4,718 Sec. Der synodische Monat, die Zeit von einem Neumonde bis zum andern wird durch die Stellung des Mondes gegen die Sonne bestimmt, und da während eines Mondumlaufes die Sonne selbst (scheinbar) fortgerückt ist, so braucht der Mond über zwei Tage Zeit, um zu demselben Stande gegen sie zurückzukehren; der synodische Monat ist daher 29 T. 12 St. 44 Min. 2,8 Sec. Der Knotenmonat oder Drachenmonat oder draconitische Monat, die Zeit welche vergeht, bis der Mond wieder zu seinem aufsteigenden Knoten zurückkehrt, beträgt 27 T. 5 St. 5 Min. 49,17 Sec. Die Zeit endlich des Mondumlaufs von der Erdnähe an gerechnet gibt den anomalischen Monat = 27 T. 13 St. 18 Min. 34,95 Sec. *) Von diesen Mondmonaten unterscheidet man den Sonnenmonat. Da nämlich 12 Mondwechsel ungefähr ein tropisches Sonnenjahr geben, so hat man den zwölften Theil dieses Jahres, also richtiger die Zeit welche die Sonne in jedem ihrer 12 Zeichen verweilt, Sonnenmonat genannt, welcher eine Länge von 30 T. 10 St. 29 Min. 37 Sec. hat. Alle diese Bestimmungen der Monatslänge sind Resultate astronomischer Beobachtungen und Berechnungen. Man hat aber im bürgerlichen Leben die Sonnenjahre bekanntlich in 12 Monate getheilt, welche ungleiche Länge haben, und unterscheidet demnach von den astronomischen die bürgerlichen Monate (s. d. Art. Jahr). Endlich sind noch zu erwähnen die Erleuchtungsmonate, welche von der ersten Wiedererscheinung des Mondes nach dem Neumonde bis zur nächstfolgenden Wiedererscheinung gerechnet werden.

Mond heißt bekanntlich der Weltkörper, welcher sich um die Erde und mit dieser um die Sonne herumbewegt. Die Bahn des Mondes um die Erde ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Erde sich befindet. Die halbe große Axe dieser Ellipse, oder die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde beträgt 60,2965 Erdhalbmesser, d. i. 51812,8 deutsche Meilen, und die Excentricität derselben ist 0,05484 der halben großen Axe = 2850 M. Da der Mond mit der Erde zugleich um die Sonne sich bewegt, so kehrt er auf seiner Bahn um die Erde nicht zu denselben Punkten im Raume zurück. Der

*) Vergl. d. Art. Mond.

Mond bewegt sich in einer großen Spiral- oder Schlangenlinie um die Sonne herum, so daß in der Mitte (aber nicht genau in dieser) der Spirale die Bahn der Erde sich befindet. Die wahre Mondbahn vergleicht Littrow mit einer aus 12 bis 13 Knoten zusammengeschlungenen Schnur, die so wunderbar verworren ist, daß sie in vielen tausend Jahren nicht wieder in sich selbst zurückkehrt, weil nämlich jene monatlichen Knoten der Mondbahn mit dieser jährlichen Schnur der Erdbahn kein gemeinschaftliches Maß haben und eben daher immer in andere Stellen von dieser fallen müssen. Wenn der Mond in seiner mittleren Entfernung von der Erde sich befindet, so beträgt seine Horizontalparallaxe unter dem Aequator der Erde 0°,9503, und dann erscheint der Halbmesser des Mondes im Horizonte unter einem Winkel von 0°,2594, woraus sich der wahre Halbmesser des Mondes = 233 Meilen ergibt. Der Durchmesser des Mondes verhält sich daher zum Durchmesser der Erde = 1 : 3,69, die Oberflächen beider Körper verhalten sich wie 1 : 13,60 und die Volumina wie 1 : 50,15. Die Zeit eines Mondumlaufes heißt ein Monat. S. d. Art. Weil der Mond der nächste Himmelskörper bei der Erde ist, so zeichnet er sich ohngeachtet seiner Kleinheit vor allen übrigen Himmelskörpern durch Größe aus. Noch auffallender ist er aber durch die wechselnde Gestalt, in welcher er uns erscheint. Diese regelmäßig wechselnden Lichtgestalten des Mondes werden seine Phasen (v. d. griech. φάσις Erscheinung) genannt. Die Ursache derselben ist der Umstand, daß der Mond nicht ein selbstleuchtender Körper ist, sondern das Licht, welches er uns zusendet, und welches ihn sichtbar macht, von der Sonne entlehnt. Der Mond wird nämlich von der Sonne beleuchtet und, wie dieses natürlich, stets nur auf derjenigen Seite, welche er der Sonne zukehrt. Bezeichnet nun Fig. 346. T die Erde, S die in sehr großer Entfernung von ihr stehende Sonne und ABCD die Bahn des Mondes um die Erde; so ist klar, daß wenn sich der Mond zwischen Sonne und Erde befindet, also bei A, so wird die der Erde abgewendete Seite desselben beleuchtet, die der Erde zugekehrte Seite dagegen ist dunkel. Zugleich übersicht man leicht, wie der Mond (wenn wir uns die Erde um ihre Axe bewegt denken) mit der Sonne bei dieser Stellung zugleich auf und untergeht. Die Zeit wo sich der Mond in dieser Stellung befindet, heißt Neumond, und während derselben erblicken wir den Mond gar nicht. Einige Tage nach dem Neumonde erscheint der vorher bei der Sonne stehende Mond links oder östlich von derselben. Da seine ganze Umlaufszeit (der synodische Monat) 29½ Tag beträgt, so wird er z. B. in 3¾ Tagen schon ein Achtel seines ganzen Umlaufes zurückgelegt haben, und sich folglich im Punkte m seiner Bahn befinden. In dieser Stellung werden wir einen Theil seiner beleuchteten Seite erblicken, und so wird der am Himmel sichtbare Mond die Gestalt einer von der Sonne abgekehrten Sichel haben, oder als ein umgewendetes C erscheinen. Da er sich links von der Sonne befindet, so muß er kurz nach der Sonne aufgehen und bald nach der Sonne untergehen. Nach Verlauf von 7⅖ Tagen nach dem Neumonde hat der Mond ¼ seiner Bahn zurückgelegt und befindet sich bei B; bis dahin hat der Mond täglich zugenom-

men d. h. seine der Sonne zugekehrte und von ihr beleuchtete Seite ist immer mehr sichtbar geworden. In der Stellung bei B sagt man, der Mond habe seine erste Quadratur oder sein erstes Viertel erreicht. Er hat nun die Gestalt einer leuchtenden halben Kreisfläche, welche den Durchmesser auf der von der Sonne abgekehrten Seite hat. Da hier der Mond genau um 90° von der Sonne auf der Ostseite derselben absteht, so wird er, in seinem ersten Viertel 6 Stunden nach Sonnenaufgang d. h. nahe um Mittag aufgehn, und 6 Stunden nach ihr d. h. um Mitternacht untergehen. Nach Verlauf von abermals 7⅔ Tagen befindet sich der Mond bei C, nach Zurücklegung der Hälfte seiner Bahn. Jetzt kehrt er der Erde seine ganze beleuchtete Hälfte zu, es ist Vollmond und der Mond hat die Gestalt einer leuchtenden Scheibe. Der Sonne steht der Mond gerade gegenüber (in Opposition) und geht daher auf, wenn jene untergeht, und unter, wenn jene aufgeht. Von nun an nimmt der Mond wieder ab und zwar auf derjenigen Seite, welche nach dem Neumonde zuerst erschienen war. Bei D ist die ganze rechte Seite verdunkelt, er hat wieder die Gestalt einer Halbscheibe, geht um Mitternacht auf und um Mittag unter und befindet sich im letzten Viertel oder in der zweiten Quadratur, 90° von der Sonne. Von hier ab wird nun der Mond immer kleiner, nimmt immer mehr die Gestalt eines C an oder einer Sichel, geht immer mehr gegen den Morgen zu auf, und verschwindet endlich wieder bei der Sonne in A. Es ist wieder Neumond und der Lichtwechsel beginnt aufs neue den beschriebenen Kreislauf. Aus der Beobachtung der Figur geht hervor, daß die Erde, ein gleichfalls dunkler von der Sonne erleuchteter Körper, vom Monde aus betrachtet ebenfalls Phasen zeigen müsse. Zur Zeit wenn wir Neumond haben, werden die Mondbewohner die Erde als glänzende volle Scheibe erblicken, von da wird die Scheibe abnehmen, zur Zeit des ersten Viertels als Halbscheibe, zur Zeit des Vollmondes gar nicht und zur Zeit des letzten Viertels als zunehmende Halbscheibe erscheinen. Während der Mond kurz vor und nach dem Neumonde als eine dünne Sichel am Himmel steht, kann man mit scharfen Augen und durch Fernröhre auch den übrigen nicht erleuchteten Theil des Mondes erblicken, aber derselbe schimmert nur in einem sehr schwachen Lichte, welches immer schwächer wird, je näher der Mond der Quadratur kommt. Dieses Licht wird als aschgraues bezeichnet. Dieses Licht rührt nach Möstlin, dem Lehrer des großen Kepler von der Erde her, welche zu derselben Zeit dem Monde fast ihre ganze beleuchtete Seite zukehrt und ihn daher noch hinlänglich beleuchtet, daß wir ihn schwach leuchtend erblicken.*) Betrachtet man den Mond zur Zeit wo die im aschfarbenen Lichte sichtbare Scheibe desselben auf der einen Seite von der hellen Sichel um-

*) Eine andere mögliche Erklärung wäre, daß der Mond durch Insolation von den Sonnenstrahlen selbst leuchte, welches schwache Licht wir um so besser wahrnehmen müssen, je geringer der helle leuchtende Theil des Mondes ist. S. d. Art. Licht S. 335.

spannt wird, so scheint die letztere ein Theil einer Scheibe von größerem Durchmesser zu sein, als die aschgraue Scheibe. Der Grund liegt in der Irradiation d. h. in dem Umstande, daß wegen der Reizbarkeit der Sehnerven unseres Auges glänzende Gegenstände uns vergrößert erscheinen. Nämlich nicht allein derjenige Theil der Netzhaut empfindet den Lichteindruck, auf welchen das Bild, welches durch die Krystalllinse hervorgebracht wird, fällt, sondern auch die naheliegenden Theile der Netzhaut werden afficirt. Diese Irradiation findet auch bei Betrachtung der Sonne statt, so wie der Fixsterne, die uns einen Durchmesser zu haben scheinen. Bei verschiedenen Individuen scheint sie verschieden zu sein, ja bei demselben Individuum je nach dem Zustande der Reizbarkeit, in welchem es sich befindet. Außer der Bewegung um die Erde hat der Mond noch eine zweite Bewegung um seine Axe. Jene kann man (nach Analogie der Erdbewegung) die jährliche, diese die tägliche Bewegung des Mondes nennen. Während aber bei der Erde beide Bewegungen von verschiedener Dauer sind, die jährliche über 365 mal länger als die tägliche ist, sind bei dem Monde beide Bewegungen vollkommen gleich, d. h. während der Mond einmal um die Erde herum geht, bewegt er sich zugleich einmal um seine Axe. Dieß wissen wir daher, weil die genaue Betrachtung der Oberfläche des Mondes, in Bezug auf die sich auf derselben zeigenden Flecke, zeigt, daß der Mond uns stets genau dieselbe Seite zuwendet. Es ist als ob der Mond mit der Erde gleichsam durch eine Stange unverrückbar verbunden wäre, welche durch die Mittelpunkte beider Körper ginge. Die Mondflecken erscheinen uns stets genau an derselben Stelle. Auch die Trabanten der übrigen Planeten zeigen ein gleiches Verhältniß zu den Planeten, zu denen sie gehören. Stünde die Erde fest, so würden wir aus dieser Erscheinung folgern müssen, daß der Mond gar keine Axendrehung habe. Ein Beobachter auf der Sonne z. B. wird aber den Mond sich gleichzeitig einmal um die Erde und einmal um seine Axe bewegen sehen. Die Behauptung, daß der Mond der Erde immer dieselbe Seite zukehre, muß übrigens noch etwas modificirt werden. Genauere und längere Zeit fortgesetzte Beobachtung der Mondflecken hat nämlich allerdings gezeigt, daß sich diese nicht stets in demselben Abstande von dem Rande der Mondscheibe zeigen. Hieraus folgt, daß der Mond gewissen Schwankungen oder (lat.) Librationen ausgesetzt sei, demgemäß er uns zuweilen auch ein Stück der sonst von der Erde abgewendeten Seite zuwendet. Die Ursache dieser Schwankungen ist erstens der Umstand, daß wir auf der Oberfläche der Erde schon nicht mehr genau dieselbe Seite der Mondkugel erblicken, welche wir vom Mittelpunkte der Erde aus sehen würden. Wenn der Mond dem Mittelpunkte der Erde genau fortwährend dieselbe Seite zuwendet, so werden wir von dem höherliegenden Standpunkte der Oberfläche der Erde einen kleinen Theil des aufgehenden Mondes erblicken, welchen wir von dem Mittelpunkte der Erde aus nicht sehen würden, und der uns auch entschwindet, so wie sich der Mond höher über den Horizont erhebt. Ein zweiter wichtiger Umstand der eine Libration des Mondes bewirkt, ist der, daß die Bahn des Mondes um die Erde eine

Ellipse ist. Er bewegt sich daher in der einen Hälfte seiner Bahn schneller als in der anderen (nach dem Gesetze, welches S. 218. Anm. dieses Bandes erläutert worden), wogegen seine Umdrehung um die Axe gleichförmig erfolgt. So wird er nothwendig nicht ganz genau stets dieselbe Seite der Erde zukehren. Durch diese Schwankungen wird uns ungefähr noch $\frac{1}{20}$ von der abgekehrten Seite des Mondes sichtbar. Eine dritte Art der Schwankung hat noch ihren Ursprung in dem Umstande, daß der Mond nicht senkrecht auf seiner Bahn steht, sondern um 1°,5 gegen dieselbe geneigt ist; daher kehrt er uns bald mehr den einen, bald mehr den andern seiner zwei Pole zu. Die Verschiedenheit der Jahreszeiten auf der Erde hängt von der Schiefe der Ekliptik ab, d. h. von dem Winkel, welchen der Aequator der Erde mit der Ebene ihrer Bahn um die Sonne macht. Der Unterschied der Jahreszeiten würde um so geringer sein, wenn dieser Winkel kleiner wäre und würde gänzlich verschwinden, wenn beide Ebenen ganz zusammenfielen. Die Bahn des Mondes um die Erde ist gegen den Aequator desselben um den kleinen Winkel von 6,6 Grad geneigt. Die Ebene der Erdbahn oder Ekliptik liegt zwischen beiden in der Mitte, so daß sie mit der Ebene der Bahn des Mondes nur einen Winkel = 5°,1 und mit der Ebene des Mondäquators einen Winkel = 1°,5 macht. Die Durchschnittslinie der Mondbahn mit der Ekliptik oder die Knotenlinie derselben ist aber sehr veränderlich, und vollendet in 19 Jahren ihren ganzen Umkreis um die Erde, so daß dieselbe Hälfte der Bahn $9\frac{1}{2}$ Jahr über und $9\frac{1}{2}$ Jahr unter der Ekliptik liegt. Die Mondbahn fällt also fast ganz mit der Ekliptik zusammen und macht also mit dem Aequator des Mondes nur den sehr unbedeutenden Winkel von 1°,5. Daraus folgt, daß auf dem Monde fast gar kein Unterschied der Jahreszeiten stattfinden kann, daß die Temperatur, die Länge der Tage und Nächte sich fast stets gleich bleiben müssen. Begreift man unter Tag die Zeit von einem Sonnenaufgang bis zum andern, so folgt aus der Bewegung des Mondes, daß ein Tag auf dem Monde $29\frac{1}{2}$ mal so lange als ein Tag auf der Erde dauern muß, oder daß die Mondbewohner die Sonne $14\frac{3}{4}$ unserer Tage über und $14\frac{3}{4}$ unserer Tage dieselbe unter dem Horizonte haben müssen. Auf der einen Hälfte des Mondes steht während der langen Nacht die Erde am Himmel und zeigt nach einander ihre verschiedenen Phasen. — Die Mondphasen geben ein einfaches Mittel um die Entfernung der Sonne zu berechnen. In dem Augenblicke nämlich, wo der Mond in die Quadratur tritt, ist ein Dreieck, welches man sich von der Sonne durch Mond und Erde gelegt denkt, so daß jedes dieser Gestirne an einem Winkelpunkte des Dreiecks steht, rechtwinklich, der rechte Winkel ist beim Monde. In diesem Dreiecke ist überdieß eine Seite bekannt, nämlich die Entfernung der Erde vom Monde, und außer dem rechten noch ein Winkel, nämlich der, den das Dreieck bei der Erde macht. Hieraus kann man dann die Entfernung der Sonne von der Erde und von dem Monde leicht berechnen. Das Eintreten des Mondes in die Quadratur erkennt man durch directe Beobachtung des Mondes; denn in dem Augenblicke, wo es erfolgt, geht die vorher eingebogene Linie der einen Seite der Halb-

scheibe in eine gerade über, in einen Durchmesser des Mondes. — Was die schon erwähnte Veränderung der Knotenlinie betrifft, so nimmt die Länge des Mondknotens in Beziehung auf die Fixsterne, in 365 Tagen um 19°,3426 ab, d. h. die Knoten gehen in jedem gemeinen Jahre um einen so großen Winkel rückwärts in der Ekliptik. Der siderische Umlauf der Knoten erfolgt hiernach in 6793,28587, der tropische in 6798,17704 Tagen. (Ueber den hiernach berechneten Drachenmonat s. d. Art. Monat. Der aufsteigende Knoten ☊ heißt auch Drachenkopf, der ab= oder niedersteigende, ☋, Drachenschwanz.) — Auch die Endpunkte der langen Axe der Mondbahn, die Apsiden (welche das Perigeum und das Apogeum, nächster und fernster Punkt von der im Brennpunkt stehenden Erde heißen; die Apsiden des Planeten werden eben so auf die Sonne bezogen, wie die des Mondes auf die Erde, vergl. d. Art. Apsiden) sind einer Bewegung unterworfen. Beide nämlich gehen während eines gemeinen Jahres von 365 Tagen in Beziehung auf die Fixsterne durch einen Bogen von 40°6488 vorwärts und haben daher eine siderische Revolution von 3232,56753, eine tropische von 3231,46119 Tagen, (Hieraus ergibt sich die Länge des anomalistischen Monats s. d. Art. Monat).

Während bei allen Planeten die siderische Umlaufszeit sich immerwährend gleich bleibt, scheint der Mond eine fortwährende Verkleinerung seiner Umlaufszeit um die Erde und daher seiner großen Axe zu erleiden. Nach Jahrtausenden würde hieraus ein Zusammentreffen des Mondes mit der Erde folgen. Doch hat die Auffindung des Grundes jener Verminderung gezeigt, daß dieselbe nur bis zu einer gewissen Grenze stattfindet, dann aber wieder in allmählige Entfernung übergeht. Der Grund der Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes, so wie seiner Knoten und seiner Apsiden ist nämlich die Veränderung der Excentricität der Erdbahn. Diese war am größten (= 0,01965) im Jahre 11400 vor unserer Zeitrechnung und nimmt seitdem durch 36900 Jahre fortwährend ab, bis sie im J. 25500 n. Chr. Geb. am kleinsten (= 0,0039) sein wird. Eine gleiche Periode von 36900 Jahren haben folglich auch die Veränderungen des Mondes auf seiner Bahn. Die Bewegung des Mondes in seiner Bahn hat im Allgemeinen nicht die Gleichmäßigkeit, mit welcher sich die Planeten bewegen. Die meisten Ungleichmäßigkeiten haben ihren Grund in seiner Stellung gegen die Sonne. *)

---

*) Von diesen Ungleichheiten ist am bedeutendsten die Evection. Sie ist gleich dem W. 1°,342 multiplicirt in den Sinus der doppelten Winkeldistanz des Mondes von der Sonne, weniger der Winkeldistanz des Mondes von seinem Perigeum. — Die Variation, eine andere Ungleichheit ist gleich 0°,595 multiplicirt in den Sinus der doppelten Winkeldistanz des Mondes von der Sonne. — Die jährliche Gleichung ist gleich 0,°187 multiplicirt in den Sinus der mittleren Anomalie der Sonne. Durch sie wird die Bewegung des Mondes beschleunigt, wenn die der Sonne zur Zeit unsers Sommers verzögert wird und umgekehrt.

Eine andere Folge des wechselnden Standes des Mondes gegen Sonne und Erde sind die Mond- und Sonnenfinsternisse. Die Erde ist ein dunkler Körper. Hieraus folgt, daß während ihre eine Hälfte von der Sonne beleuchtet ist, sie einen langen Schatten hinter sich wirft. So wie es sich nun trifft, daß der Mond in diesen Schatten zu stehen kommt, so verhindert die Erde, daß das Licht der Sonne zu dem Monde gelange, der Mond erscheint folglich verdunkelt, der von der Erde beschattete Theil desselben ist unsichtbar. Dieses Phänomen heißt eine Mondsinsterniß. Läge die Bahn des Mondes in derselben Ebene mit der Ekliptik, so müßte alle Monate eine Mondfinsterniß eintreten, nämlich jedesmal dann, wenn die Erde zwischen Mond und Sonne stände, welches zur Zeit des Vollmondes der Fall ist. Da jedoch die Mondbahn mit der Erdbahn einen Winkel von 5°,1 macht, so ist dieses nicht der Fall. Eine Mondfinsterniß wird folglich 1) nur zur Zeit des Vollmondes eintreten und 2) dann, wenn der Mond sich zugleich mit Sonne und Erde in Einer Ebene, oder überhaupt in Einer geraden Linie befindet, d. h. wenn bei einem Vollmonde der Mond sich nahe an seinem Knoten (Durchschnitt der Erdbahn und Mondbahn) befindet. Während 18 Jahren pflegt dieses 29 mal zu sein. Man unterscheidet totale (gänzliche) Mondfinsternisse, wenn der ganze Mond in den Schatten der Erde tritt, und partiale Mondfinsternisse, wenn nur ein Theil des Mondes von der Erde beschattet wird. Die Größe einer Verfinsterung pflegt man nach Zollen anzugeben, indem auf den ganzen Durchmesser des Mondes 12 Zoll gerechnet werden. Die längste Dauer einer partialen Verfinsterung kann nicht über 2 St. 18 M. währen, die längste Dauer einer totalen nicht über 4 St. 38 M. Die nächsten bei uns sichtbaren Mondfinsternisse (wir sehen solche natürlich immer nur, wenn gerade der Mond am Himmel für unseren Beobachtungsort steht) sind den 1. Mai und 24. Oct. 1836, den 20. April und 13. Oct. 1837, den 10. April und 3. Oct. 1838, den 17. Febr. und 13. Aug. 1840, den 6. Febr. und 2. Aug. 1841, den 26. Jan. und 22. Jul. 1842. — Eine Sonnenfinsterniß entsteht dann, wenn der Mond eine solche Stellung hat, daß er einem Theile der Erdbewohner den Anblick der Sonne zum Theil entzieht, oder w. dass., daß sein Schatten auf die Erde fällt. Da dieses nur dann der Fall sein kann, wenn er in gerader Linie zwischen Sonne und Erde steht, so werden Sonnenfinsternisse nur dann eintreten können, wenn Neumond ist und der Mond in der Nähe seines Knotens sich befindet. Ist der scheinbare Halbmesser des Mondes größer als der der Sonne und steht der Mond genau zwischen Erde und Sonne, so wird die Sonne gänzlich von ihm verdeckt und es gibt eine totale Sonnenfinsterniß. Ist der Mond zwischen Erde und Sonne, aber kleiner als diese, so erblickt man einen kreisförmigen lichten Rand um eine dunkle Scheibe und es gibt eine ringförmige Sonnenfinsterniß. Verdeckt endlich der Mond nur seitwärts einen Theil der Sonne, so hat man eine partiale Sonnenfinsterniß. Da der Mond viel kleiner als die Erde ist, so trifft sein Schatten, wenn er vor der Sonne steht, stets nur einen bestimmten Theil der Erde, nämlich denjenigen, den die gerade durch die Sonne

und Mond gelegte Linie trifft. Daher ist jede Sonnenfinsterniß nur auf einem bestimmten Theile der Erdoberfläche sichtbar, und in ihrer Erscheinung für die verschiedenen Orte verschieden, wodurch sie sich von der Mondfinsterniß unterscheidet, die auf dem ganzen Theile der Erde gesehen wird, welcher überhaupt der Mond zur Zeit seiner Verfinsterung über dem Horizont steht. Für die ganze Erde sind die Sonnenfinsternisse daher zwar häufiger (indem fast 40 in 18 Jahren stattfinden), für einen bestimmten Ort der Erde aber seltener als die Mondfinsternisse. Im Durchschnitt hat jeder Ort nur alle 2 Jahre eine Sonnenfinsterniß und nur etwa alle 200 Jahre eine totale. Die nächstbevorstehenden in Europa sichtbaren Sonnenfinsternisse sind: den 15. Mai 1836; den 4. Mai 1837; den 15. März 1839; den 21. Febr. und den 18. Juli 1841; den 8. Juli 1842. — Die Berechnung der Sonnen- und Mondfinsternisse ist nicht schwer und schon die ältesten Völker haben sie verstanden. Es wird erzählt (in den heiligen Büchern der Chinesen) daß im J. 2550 v. Chr. eine Finsterniß stattgefunden habe, welche die Astronomen Ho und Hi falsch berechnet hätten, wofür sie mit dem Tode bestraft worden wären. Ptolemäus im Almagest erzählt von zwei Mondfinsternissen, welche die Chaldäer zu Babylon 719 und 720 v. Chr. beobachtet haben.

Von jeher haben die dunkleren Flecke, welche der leuchtende Mond zeigt, die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich gezogen. Seit man den Mond durch Fernrohre betrachtet, ist kein Zweifel, daß dieselben Thäler und Berge sind. Man hat dieses namentlich aus den Schatten der Mondberge geschlossen. Diese Schatten sind um so länger, je höher die Berge sind, welche sie erzeugen, und je tiefer für sie die Sonne am Horizont steht, und sie befinden sich stets auf der von der Sonne abgekehrten Seite der Berge. An der Lichtgrenze des dunklen und beleuchteten Theiles des Mondes befinden sich diejenigen Orte, welchen so eben die Sonne aufgeht, für die sie also am tiefsten am Horizonte steht. Auf dieser Seite sind auch die Schatten am längsten, und dieselben werden immer kürzer, je tiefer die sie erzeugenden Berge in der Lichtseite des Mondes liegen. Zur Zeit des Vollmondes steht der Mitte des Mondes die Sonne im Zenith, daher werfen hier die Berge gar keinen Schatten mehr, wie dieses auch auf der Erde der Fall ist, an Orten, denen die Sonne in der Mitte des Horizonts steht. Man hat selbst die Höhe der Mondberge zu berechnen versucht und Schröter hat Berge entdeckt, welche eine Höhe von 25000 P. Fuß haben, welches der Höhe der höchsten Erdberge gleichkommt, wo nicht sie übertrifft. Betrachtet man diese Höhe mit dem Durchmesser des Mondes, so zeigt sich, daß er Berge hat, die im Verhältniß zum Durchmesser viermal höher als die Berge der Erde sind. Man unterscheidet im Allgemeinen zwei Gattungen von Mondgebirgen, nämlich Ringgebirge und Bergketten. Jene haben größtentheils die Form großer ausgetrockneter Teiche, welche rings von hohen Wällen umgeben sind, und oft viele Quadratmeilen große Flächen einschließen, in deren Mitte gewöhnlich ein einzelner kegelförmiger Berg sich erhebt. Die Bergketten laufen meist strahlenförmig von hohen Bergrücken aus. Die

Ringgebirge scheinen durchaus vulkanischen Ursprunges zu sein, indem die eingeschlossenen Flächen ungeheuer weite und tiefe Kraterbecken sind. Nach Schröter ist die Masse der einen solchen Krater umgebenden Berge stets so groß, daß sie gerade den Krater auszufüllen hinreichen würde, hiernach wären sie die Anhäufungen der ausgeworfenen Massen. Außer den Ring- und Kettengebirgen bemerkt man auf der Mondoberfläche noch eine Menge einzelner Bergkegel, welche isolirt stehen und sich schroff über die sie umgebende Ebene erheben. Auch entdeckt man, gewöhnlich zwischen zwei oder mehren Ringgebirgen, Streifen von unbedeutender Breite, welche oft mitten durch die Krater hindurchgehen und wie Straßen fortlaufen, aber gewiß keine solchen sind, wie man wohl geglaubt hat. Ueberdieß gibt es noch große, meist grau gefärbte Flecken, in welchen keine Unebenheiten zu entdecken sind, und die man Meere genannt hat. Von den Vulcanen des Mondes scheinen einige noch jetzt in Thätigkeit zu sein. So will Halley Feuererscheinungen (Blitze) auf dem Monde wahrgenommen haben. Herschel bemerkte auf dem nicht beleuchteten Theile des Mondes einen hellleuchtenden Punkt, welchen er für das Feuer eines Vulkanes hielt. Schröter entdeckte 1788 einen neuen Krater, von dem er gewiß wußte, daß er vorher noch nicht existirt hatte. Auch hat derselbe großartige vorübergehende Veränderungen an den Mondbergen bemerkt. Man hat vielfache Beschreibungen und Karten des Mondes gegeben, in denen die einzelnen Flecke besondere Namen erhalten haben. Hevel zu Danzig hat zuerst 1647 eine Selenographie (v. d. griech. σελήνη Mond und γράφω schreiben) herausgegeben und darin den Mondflecken Namen von Ländern, Meeren und Bergen der Erde beigelegt. Nachher hat ein spanischer Astronom den Mondflecken die Namen der Kalenderheiligen ertheilt. Der Jesuit Riccioli gab endlich denselben die Namen berühmter Astronomen und Gelehrten. Jetzt benennt man einige Mondflecke nach Hevel, andere nach Riccioli. Nachher haben sich T. Mayer, Schröter und Gruithuisen besonders verdient um die Topographie (Ortsbeschreibung) des Mondes gemacht. Schröters „Atlas des Mondes" enthält über 70 Karten. Lohrmann hat eine Topographie der sichtbaren Mondoberfläche geliefert. Die neuesten ausgezeichneten Mondkarten sind von Beer und Mädler (Mappa selenographica etc. Berlin 1834 ss.).

Aus dem Umstande, daß die Lichtgrenze des Mondes ganz scharf begrenzt ist, schließt man, daß derselbe keine oder nur eine sehr schwache Atmosphäre habe. Bei den Planeten, welche wie die Erde von einer Atmosphäre umgeben sind, bemerkt man an der Grenze die Abstufung des Lichtes. Die Abwesenheit einer Mondatmosphäre bemerkt man ferner auch daraus, daß wenn er bei Fixsternen vorübergeht, diese mit vollem Glanze bis zu seiner Lichtgrenze gehen und dann plötzlich hinter dem Monde verschwinden. Eben so plötzlich treten sie auch wieder hinter dem Monde hervor. Nur Schröter will Spuren einer äußerst schwachen Atmosphäre an den Hörnerspitzen des sichelförmigen Mondes entdeckt haben. Die Folge des Mangels einer Atmosphäre ist, daß der Mond auch kein Wasser haben kann, denn dieses müßte als-

bald durch Verdunstung verschwinden, wenn es sich nicht in einer Atmosphäre ansammeln und von da wieder auf die Mondoberfläche zurückgeführt werden kann. In der That hat man auch keine Spur einer Wasseransammlung auf dem Monde entdecken können. Dieser Mangel an Luft macht unmöglich, daß Geschöpfe ähnlich den Menschen, Thieren und Pflanzen der Erde auf dem Monde existiren. Gibt es daher Geschöpfe auf dem Monde, Seleniten, Mondbewohner, so müssen sie wesentlich verschiedner Natur von denen der Erde sein.

Die sämmtlichen Elemente des Mondes hat **Littrow** in folgender Tabelle zusammengestellt.

Siderische Revolution des Mondes	27 T. 7 St. 43′,192
Tropische — — —	27 = 7 = 41 ,078
Synodische — — —	29 = 12 = 44 ,047
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik . . .	5°8′,78
Mittlere Horizontal = Parallaxe am Aequator .	0°57′,01
Siderische Revolution der Knoten	6793 T. 6 St. 51′,65
Tropische — — —	6798 = 4 = 14 ,93
Scheinbarer mittlerer Durchmesser von der Erde gesehen	0°31′8″,0
— — — von d. Sonne gesehen	0°0′9″′3
Siderische Revolution der Apsiden	3232 T. 13 St. 37′,25
Tropische — — —	3231 = 11 = 4′,12
Scheinbarer mittlerer Durchmesser der Erde vom Monde gesehen	1°54′02″
Excentricität der Bahn in Theilen der halben großen Axe	0,0550
— — — — Meilen	4120
— — — — Erdhalbmessern . . .	4,791
Wahrer Durchmesser in Meilen	466
Mittlere Entfernung vom Mittelpunkte der Erde in Erdbahnhalbmessern	60,2960
— — — — — — — Meilen . . .	51600
— — — — — in Halbmessern der Erdbahn	0,00251
Verhältniß des Mondes zur Erde im Durchmesser	$\frac{1}{3,7}$
— — — — — in der Oberfläche	$\frac{1}{13}$
— — — — — im Volumen .	$\frac{1}{50}$
— — — — — in der Masse .	$\frac{1}{70}$
— — — — — in der Dichte .	$\frac{5}{9}$
Fall der Körper auf der Oberfläche des Mondes in 1 Sec.	2,8 Par. Fuß.

Ueber die Monde der andern Planeten s. d. Art. **Nebenplaneten**.

Morgen heißt sowohl die **Zeit** des Sonnenaufganges, als auch die **Himmelsgegend**, in welcher die Sonne und die übrigen Gestirne aufgehen. Diese letztere heißt genauer **Morgengegend**, **Osten**, **östliche Himmelsgegend**, **Orient**, (v. d. lat. oriens Aufgang).

Multiplicator (v. d. lat. multiplicare vervielfältigen), **Schweiggerscher** oder **elektromagnetischer Galvanometer**, **Galva**=

noskop, heißt ein bald nach Entdeckung des Elektromagnetismus von Schweigger erfundenes Instrument, welches zunächst dazu dient, die Gegenwart auch der schwächsten elektrischen Ströme durch die von denselben bewirkte Ablenkung der Magnetnadel aus ihrer gewöhnlichen Stellung anzuzeigen. Die Construction dieses Instrumentes beruht auf dem Umstande, daß wenn ein elektrischer Strom durch einen Metalldraht in der Ebene des magnetischen Meridians über eine frei hängende Magnetnadel oder unter derselben hingeführt wird, derselbe eine Ablenkung der Nadel rechts oder links bis zur senkrechten Stellung auf seiner Richtung bewirkt. Das Gesetz, nach welchem diese Ablenkung gemäß der Richtung des Stromes erfolgt, ist im Art. Elektromagnetismus S. 173. näher auseinander gesetzt. Aus demselben ergibt sich, daß ein über eine Nadel hinweggeführter Strom in demselben Sinne ablenkend auf die Magnetnadel wirkt, wie ein in entgegengesetzter Richtung unter der Nadel hinweggeführter. Zwei zugleich auf die Nadel wirkende Ströme bringen daher eine verstärkte Wirkung hervor. Eben so verstärken sich gegenseitig in ihrer Wirksamkeit mehre über einer Magnetnadel und mehre unter einer Nadel in derselben Richtung hinweggeführte Ströme. Hierauf beruht nun der Schweiggersche Multiplicator, welcher darin besteht, daß um eine Magnetnadel ein elektrischer Strom mehremal herumgeführt wird, so daß er in mehren Windungen über und unter der Magnetnadel hingeht; alle oberhalb der Nadel gehende Theile wirken in demselben Sinne ablenkend auf die Magnetnadel und eben so mit diesen und unter sich in demselben Sinne alle unter der Nadel hingehende Theile, weil unterhalb offenbar der Strom stets die entgegengesetzte Richtung gegen oberhalb hat. Man sieht leicht ein, daß, wie schwach ein elektrischer Strom auch sein mag, durch die Verstärkung die er sich im Galvanometer selbst gewährt, er in seiner Wirksamkeit auf die Magnetnadel dennoch wahrnehmbar werden muß.

Die Windungen des leitenden Drahtes müssen von einander isolirt werden, damit die Elektricität nicht von einer zur andern seitwärts übergehen könne, denn hierdurch würde ein wiederholtes Vorübergehen des Stromes bei der Nadel verhindert werden. Da man es beim Multiplicator gewöhnlich nur mit schwachen Elektricitätsgraden zu thun hat, so genügt es den Draht in seiner ganzen Länge mit Seide zu überspinnen, so daß durch diesen isolirenden Seidenüberzug die einzelnen Windungen von einander getrennt werden. Gewöhnlich bedient man sich eines kupfernen oder silbernen Drahtes von der Dicke einer Klaviersaite. Zur Befestigung der Windungen dient ein nach der Länge der anzuwendenden Nadel sich richtender möglichst niedriger Rahmen, welcher am besten (wegen der Leitungsfähigkeit) aus metallenen Leisten zusammengesetzt wird. Die Nadel muß innerhalb des Rahmens zwischen der obern und untern Seite der Windungen schweben. Daher drängt man die Windungen auf dem obern Theile des Rahmens seitwärts auseinander und bindet sie entweder mit Seidenfaden so zusammen, daß in der Mitte eine Oeffnung bleibt, oder man läßt zwischen ihnen hindurch eine Glasröhre gehen. Durch die so gebildete Oeffnung geht ein fei-

ner Faden (ein Coconfaden) welcher die innerhalb des Rahmens befindliche Nadel trägt und oberhalb befestigt ist, so daß die Nadel frei beweglich an ihm schwebt. Der ganze Apparat ist zur Verhütung des Luftzuges mit einer Glasglocke bedeckt. Unter dieser aber ragen die Enden des Multiplicatordrahtes vor, welche von Seide entblößt sind, um sie mit der Elektricitätsquelle in Verbindung zu setzen. Gewöhnlich gibt man dem Multiplicatordraht 60 bis 80 Umwindungen um die Nadel. Im ersten Augenblicke scheint es zwar als müsse sich die Wirksamkeit des Multiplicators ins Unendliche durch Vervielfältigung der Windungen verstärken lassen, indeß ist die Anzahl der Windungen dennoch innerhalb gewisser Grenzen beschränkt. Erstens liegt es in der Natur der Sache, daß je mehr Windungen man macht, desto weiter die letzten Windungen von der Magnetnadel abstehen. Mit dem Abstande vermindert sich aber der Einfluß des Stromes auf die Nadel und wird endlich = 0. Zweitens hat sich aber auch gezeigt, daß jeder Leiter einen um so größeren Widerstand der durch ihn strömenden Elektricität entgegensetzt, je länger und dünner er ist (s. d. Art. Galvanismus S. 541.). Daher wird bei fortgesetzter Umwindung eines Drahtes um eine Nadel der Vortheil der Vervielfältigung oder Wirksamkeit des Stromes endlich durch die Vergrößerung des Leitungswiderstandes im Drahte aufgehoben. Damit sich die letzten Windungen des Multiplikatordrahtes nicht zuweit von der Nadel entfernen, wickelt man denselben in einer gewissen Breite rechts und links von der Verticalebene.

Gewöhnlich stellt man den Rahmen mit den Drahtwindungen so, daß die Windungen in der Richtung der Magnetnadel gehen, weil allein in dieser Stellung der Strom seine volle ablenkende Kraft gegen die Magnetnadel ausübt. In gewissen Fällen wird aber auch der Multiplicator senkrecht auf die Richtung der Nadel gestellt. Dann bewirkt der durch ihn gehende Strom keine Ablenkung der Nadel, aber er wirkt verstärkend den Erdmagnetismus dahin, die Nadel noch mehr in ihrer natürlichen Stellung zu befestigen. Nach der Methode der Oscillationen (s. d. Art. Magnet) kann man hierauf bestimmen, um wie viel durch den Strom die den Magnet richtende Kraft verstärkt worden sei.

Man kann die Wirkung eines elektrischen Stromes auf die Magnetnadel auch dadurch sehr viel kenntlicher machen, daß man mit Hilfe eines Messingdrahtes oder auf ähnliche Weise zwei in entgegengesetzter Richtung gekehrte Magnetnadeln wie in Fig. 352. mit einander verbindet und dann einen elektrischen Strom zwischen beiden hindurch führt. Da die Nadeln in entgegengesetzter Richtung stehen und der Strom über der einen und unter der andern hingeht, so strebt er beide in derselben Richtung abzulenken. Verbindet man beide angegebene Verstärkungsarten, so erhält man den Galvanometer, den zuerst Nobili angegeben und den Oersted näher wie folgt beschreibt. AB (Fig. 347.) ist ein Fuß von Holz, mit einer Schraube in jeder Ecke, um damit das Instrument horizontal zu stellen. CCC und CCC ist das Gestelle, worauf der Rahmen defg ruht, um welchen der (mit Seide übersponnene) Leiter oder Multiplicatordraht mehrfältig geschlungen ist. Ein

solcher Leiter kann 50 bis 60 Fuß lang sein, und 100 oder mehre Windungen machen. Die Höhe des Rahmens muß so geringe wie möglich sein, so daß die Windungen die Magnetnadel möglichst nahe umgeben können. Nachdem der Leiter auf diese Weise um den Rahmen gewickelt ist, geht jedes Ende desselben durch einen kleinen Ring h, von welchen nur der eine in der Figur sichtbar ist. — Bei ii gehen die Enden des Leiters ebenfalls durch Ringe, die hier durch andere Theile des Instruments verdeckt werden. — kk sind zwei kleine Säulen aus Elfenbein oder Holz, welche das Queerstück ll tragen, durch dessen Mitte der kleine Cylinder mp auf und nieder geschoben werden kann; der Knopf desselben befindet sich bei m. — In der Mitte des unteren Theils p ist ein kleines Loch, welches mit einem Queerloch in Verbindung steht. Letzteres ist mit einem Stifte verschlossen, der gleich unter dem Ringe o sichtbar ist. Durch das Loch bei p ist das eine Ende des Gespinstes einer Seidenraupe px hindurchgesteckt, und darauf aus einer der Oeffnungen des Queerloches gezogen und an dem erwähnten Stifte befestigt. In dem Seidengespinst px ist der Zeiger aufgehängt, welcher aus zwei Magnetnadeln besteht, die, wie Fig. 352. angibt, verbunden sind. Der Kreis, auf dessen Grade der Zeiger weist, ist aus Glas, welches dem oft magnetischen Messing vorzuziehen ist. Bei q ist eine Gabel, die den Zeiger festhalten kann, wenn das Instrument transportirt werden soll, und eine ähnliche befindet sich auf der anderen Seite des Instruments. Der Zeiger wird aus diesen Gabeln genommen, wenn das Instrument gebraucht werden soll; — noch aber befindet er sich in der Ruhe, bis der Cylinder mp aufgezogen wird. — Der Ring o hält ihn zurück, damit er nicht zu hoch gehoben werde. — Der Zeiger ist durch einen Glaskasten, der den ganzen Rahmen, welcher jenen einschließt, bedeckt, gegen den Luftzug geschützt; oben hat der Glaskasten ein Loch, durch welches der Knopf des Cylinders mp geht. Man sieht leicht, daß dieser Theil den Vortheil gewährt, daß man den Zeiger sehr leicht zur Ruhe bringen kann. — tt ist ein Aufständer, der in der Rinne yy bewegt werden kann, auf deren Rande sich ein Maßstab befindet, welcher die Entfernung zwischen dem Aufständer und dem Zeiger angibt. uv ist ein Hufeisenmagnet mit zwei Zapfen, von denen der eine bei w sichtbar, und der andere in ein Loch in dem Aufständer gesteckt ist. Dieser Magnet kann abgenommen und so gewendet werden, daß er auf dem Zapfen w zu ruhen kommt. — Er dient dazu, um die Kraft, mit welcher der Zeiger sich in Norden und Süden zu stellen strebt, zu verstärken oder zu schwächen. Man verstärkt diese Kraft durch Anbringung des Hufeisenmagnets auf die Weise, daß jeder seiner Pole einem Pole entgegengesetzter Art des Zeigers gegenüber steht, und schwächt sie, wenn jeder der Pole des Hufeisenmagnets einem Pole derselben Art gegenüber steht. — In gleichem Maße hat natürlich der Abstand großen Einfluß, in welchem sich der Hufeisenmagnet von dem Zeiger befindet. Da der Zeiger zum öfteren geneigt ist, sich in eine bestimmte Richtung zu stellen, so dreht man das Instrument so lange, bis man sieht, daß eines der Enden desselben auf 0 im Gradbogen spielt, oder, was dasselbe ist, gleich viel zu beiden Seiten von 0

schwankt. — Darauf beobachtet man das andere Ende des Zeigers, und sieht, ob dieses ebenfalls über 0 ruht, oder gleiche Schwingungen zu beiden Seiten von 0 macht; ist dieß der Fall, so ist alles in Ordnung, wo nicht, so ist die Mitte des Zeigers (man sieht hier besonders auf die oberste Nadel) nicht genau über dem Centrum des Cirkels, und da dieß abermals daher rührt, daß das Instrument sich neigt, so wird diesem Fehler durch die Schrauben in dem Fuße des Instrumentes abgeholfen. Wenn der Zeiger eine zu große Richtungskraft hat, muß man den Hufeisenmagnet so anbringen, daß diese Kraft geschwächt wird. Bei 90° ist auf beiden Seiten des Cirkels ein Stift φ, welcher den Zeiger weiter zu schwanken hindert.*)

---

*) Oersted erläutert den Gebrauch des Apparats auf folgende dem Techniker interessante und nützliche Art: Der Gebrauch dieses Instruments beruht nun darauf, daß die Oxydation der Metalle von einem elektrischen Strome begleitet wird. — Ein paar Beispiele werden dieß am besten verdeutlichen. Verbindet man mit dem einen Ende des Multiplicatordrahts ein Stück Zink, mit dem anderen ein Stück Kupfer, und bringt darauf beide Metalle mit Wasser in Berührung, so wird ein elektrischer Strom durch den Multiplicatordraht gehen und den Zeiger drehen. Derselbe Versuch kann mit edleren Metallen, z. B. einem Stücke Silber und einem Stücke Kupfer, gemacht werden; dann aber wird die Wirkung nicht stark sein, man müßte denn das Wasser mit einer Säure, einem Alkali, oder einem Salze versetzt haben. In allen diesen Versuchen müssen die Stellen der Metalle und des Multiplicatordrahts, die in Berührung gesetzt werden, vollkommen blank sein. Wenn man einmal gesehen hat, welches Ende des Zeigers sich nach der Seite des edleren, und welches sich nach der des unedleren Metalls dreht, so wird man in jedem neuen Versuche, auch mit anderen Metallen, dieselbe Regel befolgt finden. Größerer oder kleinerer Unterschied in der Oxydabilität der Metalle bringt den Zeiger mehr oder minder zum Abweichen, in Folge der verschiedenen Stärke des elektrischen Stroms, und man wird also hiedurch in den Stand gesetzt, das Verhältniß einigermaßen zu erkennen, in welchem die Oxydabilität des einen Metalls zu der des andern steht. Silber, welches mit Kupfer legirt ist, ist im Vergleich mit reinem Silber als das unedlere zu betrachten, folglich kann man das Silber durch Hilfe des elektromagnetischen Multiplicators prüfen. Zu dieser Probirart werden statt Probirnadeln, Probirplatten oder Silberplatten von allen Löthigkeiten, von reinem Silber bis zu reinem Kupfer, erfordert. Die, welche bisher gebraucht wurden, waren 3 bis 4 Zoll lang und ¾ Zoll breit. Wenn man nun ein Stück Silber probiren will, so versucht man zuerst, von welcher Art der elektrische Strom sei, den es mit einer der mittleren, z. B. der 12 löthigen Probirplatte, hervorbringt. Man verbindet also die Probirplatte mit dem einen Ende des Multiplicatordrahts, und das Silber, welches probirt werden soll, mit dem anderen, und setzt beide mit einem porösen Körper, der mit Salzsäure durchzogen ist, in Berührung. Der Zeiger des Multiplicators wird nun gleich angeben, ob das Probirsilber edler oder unedler ist, als das Silber der Probirplatte. Ist es edler, probirt man es mit der 14 löthigen; zeigt es sich

Da bei Nobili's Anwendung zweier entgegengesetzt gerichteten Magnetnadeln der Strom offenbar stärker auf die untere als auf die

---

nun geringer als diese, so kann man es mit der 13löthigen Probirplatte versuchen, und wenn es dieser nicht genau entspricht, sieht man leicht an der Richtung des Ausschlages, ob es zwischen der 12- und 13löthigen oder zwischen der 13- und 14löthigen steht. — Man kann auch bei diesen Versuchen leicht entdecken, wie viel die Probe von der 13löthigen abweicht; denn gesetzt der Zeiger ginge 9° zur Rechten oder Linken aus seiner Stellung, wenn die 13löthige Probirplatte entweder mit der 14löthigen oder der 12-löthigen verglichen würde: so würde eine Abweichung von 3° einen Unterschied von ⅓ Loth oder 6 Grän zeigen. Aus diesem Beispiel kann man leicht auf die Verfahrungsweise in allen anderen Fällen schließen. Man muß sich jedoch nicht damit begnügen, das Silber bloß mit **einem** flüssigen Zwischenleiter zu untersuchen. Dieß würde bloß in dem Falle ausreichend sein, wenn man überzeugt wäre, daß das Silber bloß mit Kupfer legirt sei; zuweilen aber ist es auch mit Messing legirt, manchmal sogar mit Weißkupfer, welches aus Arsenik und Kupfer zusammengesetzt ist. Durch Anwendung mehrer flüssiger Zwischenleiter kann man auch dieses entdecken. Hat man durch die Probe mit Salzsäure die scheinbare Löthigkeit einer Silberprobe, die Messing enthält, gefunden, und probirt man sie dann mit einer Auflösung von kaustischem Kali, als Zwischenleiter, so wird die Angabe nun die messinghaltige Probe bedeutend tiefer, ungefähr 2 Loth, herabsetzen. — Wenn also eine Silberprobe, deren Gehalt man nicht kennt, sich mit Kaliauflösung 1 bis 2 Loth geringer zeigt, als mit Salzsäure, so ist man daraus zu schließen berechtigt, daß sie Messing enthalte. Silber, welches Weißkupfer enthält, verliert noch mehr bei der Probe mit Kaliauflösung, es zeigt sich immer um sehr viele Löthigkeitsgrade geringer, als es wirklich ist. Fände man, daß das Silber mit mehren unedeln Metallen legirt wäre, so könnte man auch die Versuche auf mehre flüssige Zwischenleiter ausdehnen, welches dann immer leitenden Grundsätzen der Chemie gemäß geschehen müßte. Wir wollen jetzt hervorheben, was beobachtet werden muß, um einer angestellten Probe gehörige Zuverlässigkeit zu verschaffen. Man sorgt dafür, daß eine gleich große Oberfläche des Probirsilbers und der Probirplatte mit dem flüssigen Zwischenleiter in Berührung komme. — Dieß geschieht, wenn der poröse Körper, welcher zur Zwischenlage gebraucht wird, schmäler als die Probirplatte ist. Beide Stücke Silber müssen möglichst gleichzeitig mit dem feuchten Zwischenleiter in Berührung gebracht werden. Die Oberflächen müssen gleichförmig sein, und man thut am besten, sowohl die Silberprobe als die Probirplatte an den Stellen, wo sie mit der Flüssigkeit in Berührung gesetzt werden sollen, mit pulverisirtem Bimsstein und Leder abzuschleifen. Es versteht sich, daß die Probirplatten, nachdem sie einmal abgeschliffen sind, nur einer leichten Reinigung bedürfen, die sie nicht gar zu sehr abnutzt. Gegossenes Silber, welches noch nicht ausgehammert ist, kann mit ausgehammerten Probirplatten nicht geprüft werden, sondern muß entweder erst ausgehammert, oder auch mit anderem noch nicht gehammerten Silber probirt werden. Zuweilen laufen die Oberflächen unter

obere Nadel wirkt, so hat **Schweigger** für zwei Nadeln den Gebrauch der **elektromagnetischen Schleife** empfohlen, welche Fig. 348.

---

dem Versuche an, und alsdann müssen sie abgeschliffen und der Versuch wiederholt werden. — Man vermeidet diese Mühe, wenn man die Berührung zwischen dem Metall und der Flüssigkeit sobald wie möglich aufhebt. Zur Zwischenlage kann man ungefärbtes Tuch oder guten ausgewaschenen Feuerschwamm gebrauchen; diese werden dann mit der Flüssigkeit, die man gebrauchen will, wohl durchnäßt. Ist dieselbe kaustisches Kali, so muß sie nicht in concentrirter Auflösung, sondern lieber etwas verdünnt angewandt werden. Salzsäure kann ebenfalls etwas verdünnt werden. Man vergesse nicht, daß zwischen den Enden des Multiplicatordrahts und den beiden Metallen eine gute metallische Berührung sein muß. Die Berührung muß entweder auf beiden Innen- oder auf beiden Außenseiten der Metalle, und ungefähr gleich weit von dem feuchten Zwischenleiter geschehen. Wenn alles in gehöriger Ordnung verbunden ist, und zwischen dem Silber ein Unterschied stattfindet, so wird bekanntlich der Zeiger nach der einen Seite ausschlagen; er wird aber wieder zurückgehen, und oft sogar zur entgegengesetzten Seite, und dergestalt mehre Schwingungen hin- und zurückmachen. Doch werden die Schwingungen mehr nach der einen als nach der andern Seite fallen. Um zu beurtheilen, nach welcher Seite, darf man nicht mehr als 4 bis 6 Schwingungen beobachten. Auf welche Weise man dann den absoluten Ausschwung berechnet, ist leicht einzusehen, doch werden ein paar Beispiele vielleicht von Nutzen sein. Wenn z. B. der Zeiger nach 6 Schwingungen, noch zwischen 8 Graden links und 30 Graden rechts von 0 schwebte, so wäre der eigentliche Ausschwung zur Rechten 11 Grad; denn nehmen wir an, daß die Kraft, welche die Nadel zum Ausweichen bringt, nach der sechsten Schwingung fortwährend dieselbe wäre, so müßte der Zeiger, indem er in Ruhe käme, sich auf einen Grad mitten zwischen den Endepunkten seines Schwingbogen stellen, und hier also auf dem 11. Grad zur Rechten von 0°. Fielen die Schwingungen des Zeigers dahingegen nur rechts und zwischen 8° und 30°; so wäre der absolute Ausschwung 19°. Daß man dafür sorgen müsse, daß nicht das Instrument verschoben werde, daß nicht der Zeiger sich ganz herumdrehe, so wie daß der Hufeisenmagnet in demselben Abstande bleibe, während der Versuch vorgenommen wird, braucht wohl kaum bemerkt zu werden. Um die erwünschte Fertigkeit in dieser Prüfungsweise zu erlangen, wird natürlich fleißige Uebung erfordert; Erfahrung wird dann besser als die besten Regeln die Vorsicht und die Handgriffe lehren, welche nothwendig sind. Man darf hoffen, daß diese Prüfungsart, welche, obgleich noch in ihrer Kindheit, die Probe auf dem Probirstein so weit übertrifft, durch vereinte Bestrebungen Mehrer mit der Zeit einen sehr hohen Grad der Feinheit werde erlangen können. In den täglichen Probirgeschäften bei Goldschmieden und in Banken ist diese Prüfungsweise sehr anwendbar. Hat man z. B. von 12 oder mehren silbernen Löffeln einen untersucht, so wird der Multiplicator leicht sagen, ob alle die übrigen von selbigem Gehalte sind. Auf dieselbe Weise könnte man entdecken, ob das eine Ende einer Silberbarre dem anderen gleich sei. So wie wir hier d.

abgebildet ist. Sie besteht in zwei entgegengesetzt gewundenen Multiplicatoren aus Einem Drahte.*)

Man hat übrigens eine sehr große Menge multiplicatorischer Apparate angegeben, von denen ich nur diejenigen ausheben kann, welche sich als vorzüglich brauchbar erwiesen haben. Im Allgemeinen sind die Multiplicatoren verschieden eingerichtet nach der Elektricitätsquelle, für

---

Anwendung des elektromagnetischen Multiplicators zum Behuf der Prüfung des Silbers gesehen haben, so müßte man auch im Stande sein, ihn zur Prüfung anderer Metall-Legirungen zu gebrauchen, z. B. ob Zinn mit Blei legirt wäre, oder nicht. Um aber genauere Vorschriften hierfür zu geben, muß man erst eine Reihe von Versuchen besonders darüber angestellt haben.

*) In dem Multiplicator von Nobili laufen die Drahtwindungen parallel neben einander fort, und ihre Wirkung auf die Magnetnadel nimmt natürlich in dem Maße ab, als letztere weiter abgelenkt wird und folglich einen größeren Winkel mit ihnen macht. Um diese Schwächung zu verhindern, hat Marianini das Instrument dahin abgeändert, daß er die Drahtwindungen nicht mehr einander parallel, sondern vom Mittelpunkte fächerförmig auseinanderlaufen läßt, so daß wenigstens einige derselben noch nach der Ablenkung der Magnetnadel mit voller oder fast voller Kraft auf dieselbe wirken. Marianini hat sich bei seinem Instrumente nur Einer Magnetnadel bedient, doch konnte er statt dieser (die auf einer Spitze mittelst eines Hütchens ruht) auch eines Nobilischen Systemes mehrer Nadeln sich bedienen. Uebrigens wird die Nadel bis zur Ablenkung von etwa 20° nach jeder Seite von den divergirenden Drahtwindungen verdeckt und ist daher in der Mitte senkrecht gegen ihre Länge mit einem Zeiger versehen, der die Ablenkungen an einem seitwärts befindlichen Gradbogen angibt.

Ueber die Construction eines neuen von Hachette erfundenen Multiplicator gibt Poggendorff folgende Nachricht. Derselbe beruht darauf, daß der Schließungsdraht der Voltaschen Kette in weichem Eisen einen stärkeren Magnetismus erregt, als er selbst besitzt. Zu dem Ende umwindet er einen hufeisenförmigen Draht von weichem Eisen, der vertical mit seinen Armen nach unten gerichtet aufgestellt ist, mit einem mit Seide besponnenem Kupferdrahte und hängt die Magnetnadel so auf, daß sie zwischen den Armen des Eisendrahtes schwebt, wie es scheint mit ihren Polen dicht vor den Enden desselben. Verbindet man nun den Kupferdraht mit einer Voltaschen Kette, und zwar auf die Weise, daß in den Enden des Eisendrahtes dieselbe Polarität erregt werden muß, welche in den ihnen zugekehrten Enden der Magnetnadel vorhanden ist, so wird diese augenblicklich abgelenkt und falls der elektrische Strom stark genug war, völlig umgekehrt. Da kein Eisen so weich ist, daß es nicht nach Unterbrechung des Stromes noch einen schwachen Grad von Polarität behielte, so muß man, wenn man das Instrument zu einem zweiten Versuche benutzen will, bei diesem die Kette in umgekehrter Weise durch den Kupferdraht schließen. Ist die Nadel beim ersten Versuche ganz umgekehrt worden, so wird natürlich ein sehr schwacher elektrischer Strom schon hinreichen, den Magnetismus, den der Eisen-

welche man sie anwenden will. Einigen Multiplicatoren gibt man einen sehr langen Multiplicatordraht und eine geringe Größe, namentlich denen wo der elektrische Strom durch chemische Thätigkeit erregt wird, andern gibt man einen größern Umfang und einen kürzern Multiplicatordraht, nämlich denen, welche man zur Beobachtung der durch Thermoelektricität erregten elektrischen Ströme benutzen will. Becquerel unterscheidet daher Multiplicatoren mit langem Draht oder elektrochemische Multiplicatoren und Multiplicatoren mit kurzem Draht oder thermoelektrische Multiplicatoren, und gibt folgende allgemeine Beschreibung beider mit näherer Angabe der Dimensionen.

Multiplicator mit langem Drahte, oder elektrochemischer Multiplicator. — Dimensionen des Rahmens: Fig. 349. Grundriß, Breite ab = 27 Millim., Länge bc = 40 Millim., Oeffnung oo = 5 Millim. Fig. 350. Durchschnitt in der Richtung mn; SS = 10 Millim. Fig. 351. Aufriß, ll = 4 Millim. Der Kupferdraht, welcher mit Seide übersponnen ist, hat weniger als $\frac{1}{6}$ Millim. im Durchmesser, und bildet 800 Umgänge um den Rahmen. Die Magnetnadeln (Fig. 352.) sind zwei gewöhnliche Nähnadeln von 36 Millim. Länge und bis zur Sättigung magnetisirt. Sie sind parallel eine über der andern befestigt, in einem Abstande von 15 Millim., an jedes der Enden zweier Kupferdrähte, welche um einander gewunden sind, so daß man sie nach Bedürfniß verrücken kann. Als Aufhängungsfadens bedient man sich eines zertheilten Coconfadens von 1 Decim. Länge. — Welche Vorsicht man auch anwenden mag, um das System der zwei Nadeln völlig astatisch (s. d. Art. Magnet S. 513. f.) zu machen, so bleibt doch immer eine merkliche richtende Kraft zurück, welche nicht verhindert, daß der Apparat einen hohen Grad von Empfindlichkeit besitzt. Wenn die richtende Kraft zu groß ist, so vermindert man sie mittelst eines Verfahrens, welches Nobili angegeben: man sucht von den 4 Polen der zwei Nadeln denjenigen, welcher die größte magnetische Kraft besitzt; darauf benimmt man ihm dieselbe zum Theil, indem man ihn mit dem gleichnamigen Pole eines schwach magnetisirten Stabes leicht streicht. Auf diese Weise bringt man es dahin, daß das System der zwei Nadel zwar noch von selbst in eine bestimmte Lage sich begibt, aber durch eine so geringe richtende Kraft darin erhalten wird, daß schon der schwächste elektrische Strom hinreicht, eine Ablenkung der Nadeln zu bewirken. Der Rahmen muß auf ein bewegliches Gestell befestigt sein, vermöge welches man ihm alle mögliche Stellungen gegen die Nadel geben kann. Zu dem Ende befestigt man ihn auf

draht bei dem ersten Versuche erhielt, wenn auch nicht aufzuheben und umzukehren, doch so weit zu schwächen, daß die Magnetnadel in ihre ursprüngliche Lage zurückkehrt, d. h. mit dem Nordpol wieder nach Norden zeigt. Hachette hat nur eine einfache Nadel mittelst eines Hütchens aufgehangen, statt dessen eine an einem Faden hängende Doppelnadel angewendet werden kann.

einen Cylinder von Messing cc, der um seine Axe drehbar ist, vermittelst eines Zahnrades mit Getriebe, welches Fig. 353. vorgestellt ist. Durch Drehung des Knopfes bb kann man dem Galvanometer jede beliebige Stellung geben. Das Ganze ist auf einem kleinen Tisch angebracht. Der Coconfaden ist an eine F förmige Stange befestigt. Der Galvanometer und was dazu gehört, sind mit einer Glasglocke bedeckt, damit die Nadeln nicht von der Luft bewegt werden. Unter der Glocke treten die Enden des Drahtes vor, damit durch diesen ein elektrischer Strom geleitet werden kann.

Thermoelektrischer Multiplicator oder Multiplicator mit kurzem Drahte. — Dimensionen des Rahmens: Fig. 349. Grundriß, Breite ab = 50 Millim., Länge bc = 50 Millim., Oeffnung oo = 8 Millim. — Fig. 350. Durchschnitt nach der Richtung mn, SS = 16 Millim. — Fig. 351. Aufriß, ll = 4 Millim. Der mit Seide übersponnene Kupferdraht hat ⅔ Millim. im Durchmesser und bildet 30 Umgänge um den Galvanometer. Die Magnetnadeln sind 46 Millim. lang und sind so angeordnet wie beim elektrochemischen Multiplicator. Statt zweier Nadeln kann man deren 4 parallel zusammen stellen, die beiden mittelsten müssen ihre gleichnamigen Pole in dem nämlichen Sinne gestellt haben und die beiden äußersten Nadeln gleichfalls, aber im entgegengesetzten gegen die mittlern Nadeln. Der Rahmen muß in o′o′ Fig. 350. durchbrochen sein, um die vierte Nadel hindurch zu lassen. Die beiden mittelsten Nadeln kommen in das Innere und von den beiden äußern kommt die eine nach Innen, die andere nach Außen. Becquerel sagt, man müsse immer zu seiner Disposition zwei Galvanometer haben, jeden zu zwei Drähten, die gleichmäßig und gleichartig aufgewunden sind, den einen für elektrochemische, den andern für thermoelektrische Wirkungen. Sie dienen auch um zwei Ströme derselben Art, aber von verschiedener Quelle kommend, mit einander zu vergleichen. — Die eben beschriebenen Multiplicatoren dienen um sehr schwache Ströme, welche aus ununterbrochen wirksamen Elektricitätsquellen kommen, zu erkennen; aber sie sind unbrauchbar, wenn man die Existenz eines Stromes nachweisen will, der (mit starker Intensität aber von nur augenblicklicher Dauer) durch die Entladung einer Leidner Flasche erzeugt wird. Man muß hierzu die Umwindungen des Drahtes noch vollkommner isoliren. Colladon wendete daher einen Galvanometer von 500 Umwindungen an, dessen Draht doppelt mit Seide bedeckt war und an dem die einzelnen Reihen der Windungen durch Wachstaffent getrennt waren. Ohne diese Vorkehrung geht die Elektricität von einer Umwindung zur andern über.

Einen andern Multiplicator hat Person angegeben, indem er sich auf die Thatsache stützte, daß eine Stahlnadel, welche in die Richtung der Axe einer elektromagnetischen Schraube gelegt worden, magnetisch wird, wenn man durch den Draht eine schwach geladene Leidner Flasche entladet. (S. d. Art. Elektromagnetismus S. 179.). Er nahm daher eine Nadel von sehr geringem Stahl, die wenig gehärtet war und nur eine sehr schwache magnetische Polarität besaß; so daß sie

47*

dieselbe verlieren und leicht eine andere annehmen konnte. Diese hing er an einem einfachen Seidenfaden auf, und stellte sie so in das Innere des Multiplicatorrahmens, daß die Umwindungen des Drahtes senkrecht auf die Richtung der Nadel waren, anstatt wie bei den gewöhnlichen Multiplicatoren parallel zu sein. Wenn man die elektrische Ladung durch den Draht gehen läßt, so nimmt die Nadel, je nach der Richtung, in welcher die Entladung geschieht, eine stärkere Polarität an, oder verliert diejenige, welche sie bereits besitzt, um eine andere im entgegengesetzten Sinne anzunehmen. Im ersten Falle bleibt sie unbeweglich, im zweiten dreht sie sich und beschreibt einen Halbkreis, indem sie eine Gleichgewichtsstellung annimmt, welche der Lage ihrer Pole gemäß ist. Man muß daher die Entladung stets so leiten, daß die Polarität der Nadel umgedreht wird.

Die angegebenen Multiplicatoren zeigen nur die Unterschiede zwischen den Intensitäten der verschiedenen Ströme an, je nachdem diese eine größere oder geringere Ablenkung der Nadel bewirken. Das Gesetz, nach welchem die Ablenkungen von den Intensitäten der Ströme abhangen, ist sehr verwickelt und für jeden Apparat besonders modificirt. Man muß daher besondere Methoden einschlagen, jeden Multiplicator zu graduiren. Die einfachste Methode besteht (nach Becquerel) in der Anwendung eines Multiplicators mit mehren Drähten. Es ist klar, daß, wenn man um einen Rahmen zugleich zwei Drähte von demselben Metall, derselben Länge, demselbem Durchmesser, und auf dieselbe Weise mit Seide überzogen umwickelt, die Magnetnadel ihre natürliche Stellung nicht verläßt, sobald durch beide Drähte gleich starke (aus ähnlichen Elektricitätsquellen kommende) Ströme im entgegengesetzten Sinne geleitet werden. (S. d. Art. Elektromagnetismus.) Läßt man hierauf durch beide Drähte Ströme von gleicher Stärke im gleichen Sinne sich ergießen, so entspricht die Ablenkung der Nadel einer doppelten Kraft im Vergleich mit derjenigen, welche bei Anwendung Eines Drahtes in Thätigkeit ist.

Indem man die Intensität des Stromes, welcher durch jeden Draht sich ergießt, verändert, erhält man eine Reihe von Beobachtungen, nach welcher man eine Tafel der elektrischen Intensitäten herstellen kann. Gleiche Ströme kann man sich leicht verschaffen. Man löthe (nach Becquerel) an jedes Ende desselben Drahtes eines der Enden eines Eisendrahtes, so daß man zwei geschlossene Kreise erhält; hierauf krümme man jeden Drath bei jeder Löthung, welche auf ähnliche Weise gestellt sind, so daß man den gebogenen Theil in eine Glasröhre bringen kann, die an einem ihrer Enden verschlossen ist und in ein Bad von Quecksilber taucht. Die Temperatur des Quecksilbers wird allmählig erhöht mit Hilfe einer untergesetzten Weingeistlampe. Fig. 354. zeigt die Anordnung des Apparates. Wenn man allmählig erst eine Löthstelle, dann zwei Löthstellen in den Versuch zieht und (bei gleichbleibender Temperatur) die Abweichung der Magnetnadel in jedem einzelnen Falle aufzeichnet, so erhält man die Winkel, welche der einfachen und doppelten Kraft entsprechen. Um vergleichbare Resultate zu erhalten, muß 1) die Löthstelle, deren Temperatur nicht erhöht wird, in

schmelzendes Eis tauchen; 2) die Dicke der Röhre, in welche man einen Theil des Kreises gehen läßt, an dem sich die Löthstelle befindet, muß nahe dieselbe wie die des Thermometers sein, welches in das Quecksilber gesenkt ist, damit das Quecksilber und das Metall in derselben Zeit denselben Wärmeeinfluß erfahren. Ein Quecksilberbad ist einem Oelbade vorzuziehen, wegen des großen Unterschiedes in der Leitungsfähigkeit für die Wärme, der zwischen Oel und den Metallen stattfindet, und welcher Verzögerungen in der gleichzeitigen Erzeugung der Erscheinungen veranlaßt. Es ist ferner nöthig, daß an dem umgekrümmten Theile des Kreises die Metalldrähte sich allein in den Löthstellen berühren. Daher überziehe man die Drähte mit Seide mit Ausnahme der Punkte in der Nähe der Löthstelle. Endlich muß man alle möglichen Vorkehrungen treffen, daß das Thermometer und die Verbindungspunkte, welche man erhitzt, im Augenblicke der Beobachtung genau dieselbe Temperatur erreichen. Diese Bedingung erreicht man, wenn die Temperatur der Löthstelle allmählig bis zu demjenigen Grade erhöht wird, bei welchem man experimentiren will, und man dann schnell die Lampe auslöscht. Die Temperatur fährt einige Secunden fort zu steigen, dann geht sie zurück und bleibt eine kurze Zeit gleich. Man richtet es so ein, daß diese Temperatur genau diejenige ist, die man nöthig hat. Becquerel hat unter andern die Ablenkungen beobachtet, welche bei 1, 2, 3 und 4 Drähten bei Temperaturen zwischen 10° bis 300° stattfanden, und hiermit die elektrischen Intensitäten verglichen.

Statt eines Multiplicators mit mehren Drähten kann man zu demselben Zwecke mit dem gewöhnlichen Multiplicator kommen. Man nimmt einen Draht, der aus abwechselnden Drähten von Eisen und Kupfer zusammengesetzt ist, indem diese Ende gegen Ende gelöthet sind, und dessen Enden mit den Enden des Multiplicators in Verbindung stehen. Darauf erhebt man die Temperatur der einen Löthstelle z. B. auf 10 Grad, während man die der andern auf 0 erhält. Man merkt die Abweichung der Nadel an. Nun erhitzt man auch die 3te, die 5te Löthstelle u. s. f. Und so findet man die Ablenkungen, welche den an Intensität doppelten, dreifachen u. s. w. Strömen entsprechen. Indem man diese Versuche bei unterschiedenen Strömen anstellt, erhält man die Angaben zu Herstellung einer Intensitäten-Tafel.

Da die Multiplicatoren nicht stets nach demselben Plane construirt werden, so sind ihre Anzeigen nicht unter einander vergleichbar. Nobili hat einen Apparat als Modell vorgeschlagen, den er selbst auf das sorgfältigste ausgeführt hat. Derselbe besteht namentlich aus zwei Theilen: aus einem Rahmen von Holz mit 4 Kupferdrähten, welche gleich stark und gleich lang, mit Seide überzogen sind, und einer Magnetnadel, die mit einem Zeiger auf Messing versehen ist, wie Fig. 355. dieß anzeigt. Nobili gibt folgende Beschreibung:

TT. Ein hölzerner Rahmen, der mit 4 Schrauben auf den Tisch befestigt ist.
CC. Ein Kreis von Metall, der in 360 Grade eingetheilt ist und der den Rahmen bedeckt, auf welchen er durch 4 kleine Schrauben befestigt ist.

DEF. Ein Winkelhaken, der senkrecht auf dem Tisch aufgerichtet ist und an seinem Ende F den Aufhängungsfaden der Nadel trägt.

afg. Ein kleiner am Ende F angebrachter Mechanismus, um die Magnetnadel zu heben oder zu senken.

HHH. Eine Glasglocke. Auf dem Tische befindet sich eine Kreisrinne um sie aufzunehmen.

I., II., III. rc. Messingbolzen, an welchen die Drahtenden der vier Multiplicatoren auslaufen.

ns. Magnetnadel. Länge = 83,5 Millim. Durchmesser = $\frac{2}{3}$ Millim.

ii. Zeiger von Messing.

pp. Ein kleiner Cylinder von demselben Metall. Er ist aus zwei Stücken zusammengesetzt, welche in einander geschraubt sind und von denen das eine die Nadel ns, das andere den Stift ii trägt. Der obere Theil nimmt in einem kleinen Loche den Stift des kleinen Ringes o auf, in den sich der Aufhängungsfaden endet. Höhe dieses Cylinders = 8 Millim., Durchmesser = 2 Millim. — Das Gewicht des kleinen Cylinders mit der Nadel und dem Zeiger beträgt 0,79 Gramm. Die Nadel allein wiegt 0,21 Grammes. Die Entfernung der Nadel vom Zeiger ist = 2 Millimeter.

Fig. 356. der Rahmen. Länge ab = 90 Millim. Breite aa = bb = 11 Millim. Höhe cd = 13 Millim.

Die Seiten mn, op gehen um 2,5 Millim. über cd hinaus; diese Höhe reicht hin, um den Strang aufzunehmen, ohne die unmittelbare Anbringung des Kreises CC auf die Seite mn, mn zu verhindern.

xy. Rautenförmige Oeffnung, um die Nadel ns in das Innere des Rahmens zu bringen.

ff. Kleine Ohren von Metall, welche dienen den Rahmen auf den Tisch AA mit Schrauben zu befestigen.

Die Drähte der vier Multiplicatoren sind zusammengedreht in der ganzen Ausdehnung, die sie rings um den Rahmen einnehmen, gehen auseinander, so wie sie sich vom Rahmen entfernen, und werden bis zu den Bolzen I., II., III. rc. fortgeführt.

Die Länge des Stranges beträgt 870 Millim., nämlich der Theil welcher den Rahmen umgibt. Die Drehung des Stranges ist von der Art, daß die aufgedrehten Drähte um 17 Millim. sich verlängern. Vom Rahmen bis zu dem Bolzen hat jeder Draht eine Länge von 150 Millim. Hierbei ist das Stück nicht mit gemessen, welches um die Bolzen gewickelt ist, und welches 140 bis 150 Millim. lang ist. Wenn man die Länge der einzelnen Drähte im Ganzen 1180 Millim. nimmt, so reicht dieses für die einzelnen Theile hin. Der Durchmesser der Drähte ist = $\frac{2}{5}$ Millim. Dieser Durchmesser beträgt nach der Umhüllung mit Seide fast 1 Millim. Man glüht die Drähte aus, ehe sie den Seidenüberzug erhalten.

Wenn zwei in angegebener Weise verfertigte Multiplicatoren vergleichbar sein sollen, müssen aber auch die Magnetnadeln in Bezug auf ihre magnetische Kraft möglichst gleich sein. Um diese Bedingung zu erfüllen, nimmt Nobili 50 Stück Stahlnadeln von gleicher Güte und

gleichen Dimensionen und magnetisirt sie bis zur Sättigung. Hierauf untersucht er ihre magnetische Kraft, sucht die möglichst gleich kräftigen aus und bringt die etwas zu starken durch Streichen mit den Polen eines schwachen Magnetstabes auf die Intensität jener zurück. Hierauf hängt er zwei gleich starke Nadeln in zwei Multiplicatoren, läßt durch beide denselben elektrischen Strom gehen, beobachtet, ob beide Multiplicatoren gleiche Abweichungen der Nadeln geben, verwechselt darauf die Nadeln in den Multiplicatoren und stellt aufs neue Beobachtungen an.

Um die Graduirung des Multiplicators auszuführen (da die Stärke der Ströme nicht genau sich verhält, wie die Winkel, um welche sie die Nadel ablenken), gibt Nobili folgende Methode (Methode der Differenzen) an.*) Nachdem vorläufig erkannt worden, daß die Intensitäten der Ströme, welche den 4 ersten Graden der Ablenkung entsprechen, sich wie die Grade verhalten; daß von 4° bis zu 7° diese Proportionalität um $\frac{1}{7}$ abweicht, weil der Strom zu 7° noch einmal so stark, als der zu 4°, also die Verhältnißzahl 8 statt 7 hat; so folgt hieraus, daß von 4° bis 7° eine Einheit auf die Zahlenwerthe der Ströme zu den Graden von 5, 6, 7 zu vertheilen ist. Eben so findet sich der Strom zu 11° doppelt so stark, als der zu 7°, er hat folglich den Zahlenwerth 16, und ist gleich dem Strom zu 7° + 8. Von 7° bis 11° gibt es also eine Differenz = 8, welche an die Werthe der vier Grade 8, 9, 10, 11 zu vertheilen ist. Nach dem 11. Grade nehmen die Differenzen immer mehr zu, und der Strom zu 54° ist schon 1000mal stärker, als der zu 1°. Da das Gesetz, nach dem diese Zunahme geschieht, nicht bekannt ist, so müssen sehr viele Versuche angestellt werden, um das gesuchte Verhältniß zu finden. Nobili kam unter andern zu folgenden Resultaten:

Der Strom zu	3°	ist gleich dem Strom zu	13°	weniger dem Strom zu	12°
= = =	4	= = = = =	16	= = = =	15
= = =	5½	= = = = =	19	= = = =	18
= = =	7	= = = = =	22	= = = =	21
= = =	8	= = = = =	24	= = = =	23
= = =	10	= = = = =	27	= = = =	26
= = =	12	= = = = =	31	= = = =	30
= = =	13	= = = = =	34	= = = =	33
= = =	14	= = = = =	37	= = = =	36
= = =	15	= = = = =	40	= = = =	39
= = =	17	= = = = =	45	= = = =	44 ꝛc.

Diese Reihe der Differenzen hat ihm gedient, nachstehende Tabelle der Intensitäten herzustellen:

*) Eine andere Methode ist die, daß man erst einen, dann zwei ꝛc. Ströme von gleicher Stärke auf die Nadel wirken läßt, und die Ablenkungen beobachtet, wozu man sich zweier durchaus gleichartiger Leitungsdrähte bedient. Vergl. oben.

Kraft des Stromes in		Kraft des Stromes in		Kraft des Stromes in		Kraft des Stromes in	
Graden	Zahlen	Graden	Zahlen	Graden	Zahlen	Graden	Zahlen
1	1	16	32,18	31	187,68	46	604,20
2	2	17	36,78	32	206,87	47	645,14
3	3	18	41,98	33	227,06	48	688,28
4	4	19	47,78	34	248,25	49	733,74
5	5,20	20	54,18	35	270,55	50	781,52
6	6,40	21	61,28	36	293,96	51	832,50
7	7,80	22	69,08	37	318,48	52	886,68
8	9,40	23	77,68	38	344,27	53	944,41
9	11,20	24	87,08	39	371,18	54	1005,69
10	13,20	25	97,67	40	399,36	55	1070,87
11	15,33	26	109,53	41	429,14	56	1139,95
12	18,19	27	122,73	42	460,52	57	1213,33
13	21,19	28	137,10	43	493,62	58	1291,01
14	24,52	29	152,63	44	528,56	59	1373,39
15	28,18	30	169,40	45	565,34	60	1460,47

Melloni hat eine Intensitätentafel hergestellt, indem er sich des Thermomultiplicators bediente. Zuerst erhält er die Nadel des Galvanometers auf einem bestimmten Grade der Ablenkung; eine Bedingung, die leicht zu erfüllen ist, wenn man eine angezündete Lampe in einer geeigneten Entfernung von einer der beiden Seiten der thermoelektrischen Säule stellt. Nehmen wir die Axe des Thermomultiplicators senkrecht auf den magnetischen Meridian an, und daß der Erhitzung seiner rechten oder linken Seite eine Ablenkung in dem nämlichen Sinne an dem Galvanometer entspreche. Bewirken wir jetzt, durch geeignete Annäherung der Lampe eine hinreichend starke Ablenkung, z. B. von 44°, und führen wir die Nadel durch Zwischenbringung eines metallischen Schirmes auf 0 zurück. Bewirken wir hierauf von der andern Seite eine Ablenkung um 42°, mit Hilfe einer zweiten Lampe, welche vor die zweite Seite gebracht wird. Um die Nadel auf 0 zurückzuführen, wird man wieder wie vorher einen Metallschirm anwenden. Nimmt man nun beide Schirme hinweg, so wird man den Unterschied beider Wirkungen haben, insofern die beiden thermoelektrischen Ströme im entgegengesetzten Sinne sich ergießen. Wenn die Intensitäten stets den Bogen proportional wären, so würde die Magnetnadel bei 2° rechts stehen bleiben. Dieß ist aber nicht der Fall. Die zwei Grade Unterschied, welche zwischen den partiellen Abweichungen 44 und 42 stattfinden, kommen von einer größern Kraft, als nöthig ist, um die Nadel um die ersten zwei Grade abzulenken. Daraus folgt, daß der durchlaufene Bogen, verglichen mit dem Unterschiede der beiden Abweichungen, zur Messung der entsprechenden Kraft dient. Gesetzt die Nadel bliebe bei 8° stehen, so wird man hieraus schließen, daß die nöthige Kraft, um die Nadel von 42° zu 44° zu führen, viermal so groß ist, als die Kraft, welche sie von 0° zu 2° führt. Melloni stützt sich auf die Annahme, daß bei kleinen Ablenkungen die Bogen, um welche

die Ablenkung geschieht, den Kräften, welche sie bewirken, proportional sind. Diese Annahme wird durch die Erfahrung bestätigt, denn Melloni hat gefunden, daß bei sorgfältig construirten Galvanometern mit einem möglichst astatischen Systeme von Nadeln, diese Proportionalität bei Ablenkungen von 0° bis 20° stattfinde. Nach dem Vorigen begreift man, wie man eine Intensitätentafel anfertigen kann, welche das Zahlenverhältniß der Kräfte der Ströme mit den Ablenkungen nach Graden vergleicht. Aber für jeden einzelnen Apparat wird man eine eigene Tafel anfertigen müssen, weil dieselbe von der Vollkommenheit des Instrumentes abhängt.

Auch Nervander hat sich um eine Graduirung des Multiplicators bemüht. Um die Aufgabe möglichst einfach zu lösen, hat er statt der gewöhnlichen parallelepipedischen Form des Rahmens die cylindrische angewendet, und den Draht, wie Fig. 357. erläutert, gewunden. Dieser Multiplicator soll sich durch Empfindlichkeit auszeichnen. Bei demselben sind innerhalb gewisser Grenzen, deren Weite jedoch ebenfalls von der Vollkommenheit der Construction abhängt, die Tangenten der Bogen der Ablenkung den sie bewirkenden Kräften proportional. Becquerel bemerkt, daß Nervander nur eine einzige Drahtreihe regelmäßig um seinen cylindrischen Rahmen gelegt habe, und daß er nicht untersucht hat, ob jenes Gesetz auch noch dann genau sei, wenn es deren mehre gäbe, die nicht symmetrisch angeordnet wären. Peltier hat einen Multiplicator construirt, an welchem die Ablenkungen der Magnetnadel merklich proportional den Intensitäten des Stromes sind. Er überzeugte sich hiervon, indem er mehre gleiche Faden um den Rahmen wickelte. Anstatt zweier Nadeln zu Herstellung des astatischen Systems, nahm er vier, welche sich rechtwinklig kreuzten, wie Fig. 358. darstellt. Wenn einer der Pole aus dem Rahmen getrieben ist, so strebt der andere in den Rahmen zu treten. Er hat gefunden, daß die Anzeigen bis zu 45° hinreichend genau waren.

Um die Kraft eines Stromes mittelst des Galvanometers direct zu messen, hat ihm Ohm eine der Drehwage ähnliche Einrichtung gegeben, welche im Art. Galvanismus S. 526. beschrieben ist.

Ueber die Wirkungsart des Multiplicators sind Untersuchungen namentlich von Kämtz, Ohm und Fechner angestellt worden. Kämtz suchte zu bestimmen, wie die Verstärkung der Wirkung des galvanischen Stromes mit der Zahl der Windungen zunimmt. Er nahm daher einen dünnen Multiplicatordraht von gleichbleibender Länge, den er nach einander ein-, zwei- bis zwölfmal um die Nadel wand. Wegen der Dünne des Drahtes konnte angenommen werden, daß alle Windungen gleich weit von der Nadel abständen. Er beobachtete nun die verschiedenen Ablenkungen, welche die Nadel mittelst desselben Elektromotors hierbei erfuhr, und berechnete aus diesen Ablenkungen die Kraft, welche jedesmal auf die Nadel gewirkt hatte. Auf diese Weise fand er, daß die Kraft des Multiplicators im einfachen Verhältnisse mit der Zahl seiner Windungen zunahm. Dieses Resultat gilt jedoch nur für eine gleichbleibende Länge des Drahtes und unter der Voraussetzung, daß die letzten Windungen nicht weiter als die ersten von der Nadel ent-

fernt sind. Auf die Multiplicatoren leidet dieß Gesetz nur annäherungsweise Anwendung, insofern mehr oder weniger die angegebenen Bedingungen an ihnen erfüllt sind.

Fechner hat überhaupt über den Leitungswiderstand, welcher bei Ketten stattfindet, ausgedehnte Beobachtungen angestellt (s. d. Art. Galvanismus S. 535. ff.), und insofern jeder Multiplicatordraht nichts anderes als eine in die Kette gebrachte Leitungsverlängerung ist, auf diesen die gefundenen Resultate angewendet. Es kommt nach ihm überhaupt darauf an, von welcher Bedeutung der Multiplicatordraht für den Gesammtleitungswiderstand der Kette ist. Er äußert sich in dieser Beziehung, wie folgt. Wenn man einen Draht von gleichbleibender Länge nimmt und diesen erst eine, dann zwei, dann drei Windungen u. s. f. um die Nadel machen läßt, so nimmt die dadurch anzuzeigende Wirkung im geraden Verhältniß der Zahl der Windungen zu (wie angegeben), wenigstens insofern die Windungen als in merklich gleicher Entfernung von der Nadel befindlich angenommen werden können, was wir hier vorläufig immer voraussetzen wollen. Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet kann daher ein Multiplicator mit möglichst vielen Windungen nur vortheilhaft sein. Allein zu einer großen Anzahl Windungen wird auch ein langer Draht erfodert, während zu wenigen Windungen ein kurzer hinreicht, und es fragt sich, ob der vermehrte Leitungswiderstand, den diese größere Drahtlänge in die Kette bringt, nicht unter gewissen Umständen den Vortheil der vielen Windungen compensiren könne. In der That ist dieß der Fall. Um dieß zu zeigen, wollen wir uns eine einfache Kette von so großer erregender Oberfläche und mit so guter Leitungsflüssigkeit denken, daß der Widerstand der Flüssigkeit und des Uebergangs im Gesammtwiderstande gar nicht in Betracht kommt, sondern gegen den Widerstand des Multiplicators merklich verschwindet, dieser mithin allein neben der elektromotorischen Kraft die Kraft der Kette bestimmt. Da wir nun wissen, daß die Kraft der Kette im geraden Verhältniß des Gesammtwiderstandes steht, der in ihr vorhanden ist, so wird sie im jetzigen Falle im geraden Verhältniß der Verlängerung des Multiplicatordrahtes abnehmen, der hier den Gesammtwiderstand merklich allein repräsentirt. Verlängert man also in diesem Falle den Multiplicatordraht, um ihn immer mehr Windungen um die Nadel machen zu lassen, so wird man durch vermehrte Windungszahl nichts anderes erlangen, als die Schwächung des Stromes durch den vermehrten Leitungswiderstand gerade zu compensiren, so daß mithin eine noch so sehr vermehrte Anzahl Windungen die Wirkung weder vergrößern noch schwächen wird. Die Wirkung wird in diesem Falle ganz dieselbe sein, wie sie eine einzige Windung des Multiplicators von derselben Dicke, als der Draht besitzt, hervorgebracht haben würde, so daß man durch Vertauschung des Multiplicators mit einem einmal umschlungenen aber dickern Draht eine stärkere Wirkung erlangen wird, als mittelst des Multiplicators selbst. *) Natürlich wird gerade das umge-

*) Begreiflich würde dieß im höchsten Grade bei thermoelektrischen Ketten ein-

kehrte Verhältniß eintreten müssen, wenn der Widerstand des Multiplicatordrahtes gegen den übrigen Leitungswiderstand der Kette verschwindet, also bei kleinen Platten und schlechter Leitungsflüssigkeit, insbesondere wenn mehre dergleichen Platten zur Säule vereinigt sind. In der That kann in diesem Falle eine Verlängerung des Multiplicatordrahtes bis zu gewissen Gränzen gar keinen merklichen Einfluß auf die Wirkung haben. In diesem Falle wird also die vervielfältigende Wirkung des Multiplicators ganz rein in Kraft treten und die Anzeige desselben wird wirklich in geradem Verhältniß der Anzahl seiner Windungen stehen, übrigens unabhängig von der Materie und Dicke seines Drahtes sein. Nach denselben Grundsätzen läßt sich nun auch beurtheilen, wann es vortheilhaft ist, einen Multiplicator aus einem einzigen langen und dünnen, eine Continuität bildenden, Drahte mit vielen Windungen, oder einem kürzern aber dickern Drahte mit weniger Windungen, oder was dem letztern äquivalent ist, aus mehren kürzern parallelen Drähten, anzuwenden: ersteres in allen Fällen, wo der Leitungswiderstand in der Kette groß, letzteres, wo er gering ist. In Bezug auf Multiplicatoren aus mehren parallelen Drähten bemerkt Fechner folgendes: Der Strom theilt sich zwischen den parallelen Drähten des Multiplicators, und die ganze Verstärkung, die man erhält, je nachdem man einen, zwei, oder mehre parallele Drähte anwendet, beruht somit einzig darauf, daß mehre parallele Drähte einem dickern Drahte gleich wirken, welcher wegen seines geringern Leitungswiderstandes eine größere Stromstärke verstattet. In allen den Fällen daher, wo eine vermehrte Dicke des Drahtes die Wirkung nicht merklich verstärken würde, wegen Verschwindens gegen den übrigen Leitungswiderstand, wird auch die Hinzufügung von noch so vielen parallelen Drähten nichts weiter zur Wirkungsverstärkung beitragen können; ja die Wirkung auf die Nadel wird geschwächt werden müssen, wenn die äußersten Drähte in zu große Entfernung von der Nadel kommen. Jedenfalls wird bei immer weiterer Vermehrung der parallelen Drähte zuletzt eine Gränze erreicht werden müssen, von wo an dieser letzt erörterte Fall eintritt, weil man damit zuletzt dahin gelangen muß, daß der Leitungswiderstand dieser Drähte zusammengenommen gegen den übrigen Widerstand nicht mehr in Betracht kommt.

Versuche von Poggendorf dienen den Fechnerschen Bemerkungen zur Bestätigung.

Nach Untersuchungen von Ohm läßt sich die Wirkung K, welche ein Multiplicator auf die Nadel äußert, durch folgende Formel ausdrücken:

$$K = \frac{n A}{c + n l}$$

Hierin bedeutet n die Zahl der Windungen, l den Widerstand einer einzigen Windung (welcher der Länge der Windung direct, dem Querschnitte des Drahtes umgekehrt proportional ist), A die elektromotori-

treten, wo weder ein Widerstand der Flüssigkeit noch des Uebergangs vorhanden ist.

sche Kraft der Kette, c den Widerstand, den die übrigen Theile der Kette außer dem Multiplicator dem Strom entgegensetzten. Genau ist zwar diese Formel nur für die Voraussetzung, daß alle Windungen in merklich gleicher Entfernung von der Nadel lägen, die in der Wirklichkeit nicht erreichbar ist. Ohm hat endlich durch Versuche folgende aus Fechners angeführten Bemerkungen sich ergebenden Sätze dargethan: 1) daß die Wirkung eines Multiplicators in Fällen, wo sein Leitungswiderstand gegen den der übrigen Kette verschwindet, blos von der Anzahl seiner Windungen, aber weder von der Dicke noch der Materie des dazu gebrauchten Drahtes abhängt; 2) daß in demselben Falle die Wirkung zweier Multiplicatoren, die eine verschiedene Anzahl von Windungen erhalten haben, mit dieser Zahl in geraden Verhältnissen steigt und fällt.

Muskelkraft. Die Muskeln besitzen eine active Eigenschaft welche von Haller Reizbarkeit (lat., Irritabilität), von Andern thierische Zusammenziehbarkeit (lat., Contractilität), eigenthümliche Muskelkraft genannt worden ist, und von deren Erscheinungen die merkwürdigste und am meisten bekannte die Zusammenziehung ist, in deren Folge die Verkürzung der Muskeln eintritt. In Bezug hierauf beobachtet man Folgendes: Wenn der Muskel in Ruhe ist, so sieht man schon bei sehr schwacher Vergrößerung die Fasern, aus denen der Muskel besteht, parallel und gradlinig übereinander liegen; geräth aber der Muskel aus irgend einer Ursache in Zusammenziehung, so biegen sich in dem Augenblicke nach Prévot's und Dumas's Untersuchungen die Fasern im Zickzack und zeigen eine Menge Hervorragungen und Einbiegungen in Winkeln, die einander regelmäßig gegenüberstehen und bei den stärksten Zusammenziehungen nie unter 50° betragen. Wenn die äußere Ursache der Zusammenziehung aufhört, so stellt sich der Parallelismus der Fasern eben so schnell wieder her, als er verschwunden war. Man war lange darüber ungewiß, ob der Muskel im Ganzen bei der Zusammenziehung an Volumen gewinne oder verliere. Allein es ist nach Versuchen sehr wahrscheinlich, daß der Muskel sein Volumen nicht verändert, und daß die Anschwellung, welche stattfindet, durch die Verkürzung aufgewogen wird. Sehr interessant ist die von Prévot und Dumas gemachte Beobachtung, daß die für die Muskelfasern bestimmten Nervenfäden dieselben gerade an jenen Punkten durchdringen, wo die Spitzen der Winkel entstehen, und zwar in einer auf die Fasern perpendiculären Richtung. Die Verkürzung oder die Zusammenziehung des Muskels bringt auch eine momentane Verhärtung seines Gewebes hervor, ohne daß ein Oscilliren oder Schwanken vorausginge, und er wird im Augenblicke so elastisch, daß er fähig ist zu schwingen und Töne von sich zu geben. Die Farbe des Muskels scheint sich bei der Zusammenziehung nicht zu ändern, auch findet kein größerer Blutzufluß während dem statt. Alle wahrnehmbaren Erscheinungen bei der Muskelcontraction können nur in so fern durch die Thätigkeit eines Reiz- oder Erregungsmittel stattfinden, als der Muskel Leben besitzt, sein Gewebe nicht verändert ist und seine Gefäße und Nerven mit dem Centrum

des Kreislaufs und Nervensystems in Verbindung steht. Unterbricht man den Kreislauf, so wird seine Thätigkeit geschwächt; die Durchschneidung der Nerven eines Gliedes macht dasselbe immer lahm. Die Intensität, mit welcher sich die Muskelfasern zusammenziehen, wird im Allgemeinen durch den Willen bestimmt, doch in gewissen nach den Individuen verschiedenen Grenzen. Begünstigend für die Intensität der Zusammenziehungen ist ein gewisser Bau der Muskeln, wenn nehmlich die Fasern voluminös, fest, dunkelroth und mit Querstreifen versehen sind. Solche wirken bei gleicher Stärke des Willens viel kräftiger, als Muskeln mit feinen glatten und blassen Fasern. Wie auch durch den Einfluß des Gehirns (des Willens, der Nerven), die Muskelstärke auf einen ungewöhnlichen Grad gebracht werden kann, zeigt die Stärke eines Erzürnten, Wahnsinnigen u. s. w. Die Dauer der Muskelcontraction hängt vom Willen ab; sie darf sich aber nicht über eine gewisse Zeit, die nach den Individuen verschieden ist, hinaus erstrecken, sonst bekömmt man ein Gefühl von Müdigkeit, das anfangs unbedeutend ist, in der Folge aber einen Grad erreicht, wo der Muskel jede Zusammenziehung verweigert. Die Schnelligkeit mit der dieses peinliche Gefühl sich ausbildet, steht in Verhältniß mit der Intensität der Zusammenziehung und der Schwäche des Individuums. Zur Verhütung dieser Unannehmlichkeiten dient der Umstand, daß bei den verschiedenen Bewegungen des Körpers die Muskeln in der Regel hintereinander in Anspruch genommen werden, so daß keiner lange in der Zusammenziehung verharrt. Wir können daher auch in Einer Stellung nie lange aushalten, und eine Haltung des Körpers, wobei nur wenige Muskeln stark und dauernd zusammengezogen sein müssen, kann nicht über einige Augenblicke fortgesetzt werden. Das auf die Muskelcontraction folgende Gefühl von Müdigkeit vergeht durch Ruhe, und die Muskeln gewinnen nach einiger Zeit wieder das Vermögen, sich mit neuer Energie zusammenzuziehen. Die Schnelligkeit der Zusammenziehungen ist ebenfalls bis auf einen gewissen Grad dem Einfluß des Willens unterworfen, wie dieses aus dem Hergang bei unsern gewöhnlichen Bewegungen hervorgeht; doch finden bei den gewöhnlichen Bewegungen, so wie bei denen, die eine eigene Uebung erfordern, sehr bedeutende Verschiedenheiten statt. Der Umfang der Zusammenziehungen wird ebenfalls durch den Willen bestimmt, er muß aber nach der Länge der Fasern verschieden sein, nemlich beträchtlicher bei den langen als bei den kurzen. Nach dem bisherigen hat der Wille im Allgemeinen einen großen Einfluß auf die Muskelzusammenziehung; doch kommen, wenn wir die Wirkungen der Gewohnheit, Leidenschaften und Krankheiten ausnehmen, auch Bewegungen ohne ihn zu Stande. Man hat daher die Muskeln in die willkührlichen und unwillkührlichen eingetheilt. Die willkührlichen Muskeln werden durch den Einfluß des Willens in Thätigkeit versetzt, sie sind die thätigen Wirkungen der Kraft, besitzen vermöge ihrer Nerven das Vermögen, Stoffe in Bezug auf ihre specif. Schwere und Cohäsion zu schätzen, und liegen um die Knochen gelagert. Die unwillkührlichen Muskeln hingegen verrichten ihre Functionen ohne den Willenseinfluß und lassen sich auch durch denselben nicht lange in ihren Verrichtungen stören. Sie gehören den

Organen an, welche die Erhaltung der Substanz bezwecken, und werden als Muskelhäute in den Gefäßen, um die Athmungs- und Verdauungsorgane, in den Geschlechts- und Harnwerkzeugen angetroffen. Auch das Herz und das Zwergfell gehört zu den Muskeln dieser Klasse. Die Wirksamkeit dieser unwillkührlich wirkenden Muskeln wird durch den Einfluß der Ganglien, die des Herzens, Zwerchfells, Magens und der Harnblase durch die Einwirkung des Ganglien- und Cerebral-, und endlich die Thätigkeit der willkührlichen Muskeln durch die Herrschaft des Cerebralnervensystems eingeleitet und geregelt. Bei der Muskelwirkung folgt der bewegliche Theil, auf den sich die Kraft des Muskels äußert, in der Richtung und in dem Grade, als diese auf ihn angebracht wird. Sind zwei Muskeln an einem und demselben Theile so angebracht, daß sie sich in ihren Wirkungen widersprechen, so wird jeder rücksichtlich des Gegensatzes zur Wirkung des zweiten, entgegenstrebender oder antagonisirender Muskel genannt. Haben hingegen mehre Muskeln an einem Körpertheile entsprechende, gleichförmige Wirkung, so nennt man sie gleichartige Muskeln.

Nicht immer wirkt der ganze Muskel, oft nur ein Theil desselben; und dieß kann um so leichter geschehen, als der Bau manches Muskels von der Art ist, daß er aus mehren Portionen zusammengesetzt wird; doch hängt die Art der Bewegung der Theile vorzüglich von der Lage, Gestalt und dem Zuge des Muskels ab. So kann z. B. der grade Schenkelmuskel keine andere Bewegung hervorbringen, als den Unterschenkel bei seiner Contraction nach vorn bewegen. — Das Zusammenziehungsvermögen der Muskeln ist beim Fötus schwach und kaum bemerkbar, bei der Geburt nimmt es an Wirksamkeit zu, wächst rasch in der Kindheit und Jugend, erreicht seine höchste Vollkommenheit im erwachsenen Alter und erlischt endlich fast gänzlich beim abgelebten Greise. Eben so ist sie beim Weibe schwächer als beim Manne. Ueberdieß hängen ihre Unterschiede von der Lebensweise, Gewohnheit u. s. w. eines Jeden ab. Auch nach dem Tode behalten die Muskeln eine Zeitlang ihr Wirkungsvermögen bei, besonders bei plötzlich unterbrochenen Lebensfunctionen, z. B. bei Erhängten kann man mittelst des Galvanismus kräftige Wirkungen der Muskeln hervorrufen. Ueber die Messung der Muskelkraft s. d. Art. **Kraftmesser**, und über die eigenthümliche Reizbarkeit der Muskeln durch Galvanismus s. d. Art. **Galvanismus**.

Ende des dritten Bandes.

Register
zum dritten Bande
des populären physikalischen Lexicons.

(Vergl. d. Register zum zweiten Bande.)

H.

Seite

Haarröhrchenwirkung 1
Harmonika, chemische 6
Härte 7
Hagel 9
Halbleiter, s. Leiter.
Halbschatten, s. Schatten.
Hebel 20
Heber 24
— anatomischer 30
Hebezeug, Heblade 31
Heizung 32
Heliometer, s. Sonne.
Helioskop, s. Sonne.
Heliostat 54
Heliotrop 58
Herbst, s. Jahreszeiten.
Herbstnachtgleiche, s. Nachtgleichen.
Hermesfeuer, s. Luftelektricität.
Himmel 59
Himmelskugel, künstliche 61
Hitze 64
Hodometer, s. Wegmesser.
Höhe eines Gestirns 69
Höhe eines Punktes über einer Ebene 69
Höhenmessung, barometrische 70
— thermometrische 97
Höhenrauch, s. Nebel.
Höhlen 97
Hörrohr 119
Hof 120
Hohlspiegel 129
Horizont 136
Hydraulik, s. Mechanik.
Hydrodynamik, s. Mechanik.

Seite

Hydrographie 137
Hydrostatik, s. Mechanik.
Hygrometer, Hygroskop 138

J.

Jahr 166
Jahrbücher, astronomische 170
Jahreszeiten 170
Inflexion des Lichtes, s. Beugung des Lichtes.
Inklination, s. Neigung.
Inklinatorium, s. Neigungsnadel.
Interferenz, s. Licht und Zusammentreffen der Lichtstrahlen rc.
Jod 172
Iridium 173
Irrlichter 173
Irradiation, s. Mond.
Isolatorium 175
Isoliren, s. Elektricität.
Juno 176
Jupiter 176

K.

Kadmium 178
Kälte 178
Kaleidophon 179
Kaleidoskop 179
Kalender 181
Kammer, dunkle 184

Seite

Kammer, helle. 187
Kammer, lichte...................... 187
Kalium, s. Potassium.
Katoptrik, s. Optik.
Kegelspiegel........................ 188
Keil................................ 188
Klima............................... 189
Knoten 200
Kobalt.............................. 201
Körper.............................. 201
Kohlenstoff......................... 202
Koluren 211
Kometen............................. 211
Kraft............................... 225
Kraftmesser......................... 228
Krystall............................ 232
Krystallelektricität................ 262
Kupfer... 267

L.

Länge, geographische................ 270
Länge eines Sternes. 271
Lampe, döberreinersche, s. Feuerzeug.
— davysche, s. Verbrennen.
Lampenmikroskop, s. Mikroskop.
Landtromben, s. Wind.
Lebenskraft......................... 273
Leere, s. Barometer u. Luftpumpe.
Leiter...... 275
Licht............................... 310
Linsenglas.......................... 375
Lithium.............................. 407
Lösungen............................ 408
Löthrohr............................ 409
Log, s. Meer.
Luftball............................ 419
Luftelektricität.................... 430
Luftelektrometer, s. Luftelektricität
Luftpumpe........................... 442
Luftspiegelungen.................... 485
Luftthermometer, s. Thermometer.

M.

Magie, Zauberkunst.................. 499
Magnet.............................. 505
Magnetismus......................... 571
Magnetnadel, s. Magnet.
Magnetoelektricität................. 572
Magnetometer........................ 595
Magnium............................. 596
Mangan.............................. 598
Manometer, Dichtigkeitsmesser....... 600

Seite

Mars................................ 603
Maschinen........................... 605
Masse............................... 609
Maß einer Größe 611
Maßstab, s. Maß.
Materie............................. 637
Mechanik............................ 637
Mechanismus......................... 638
Meer, die See....................... 638
Meerbarometer, s. Barometer.
Megameter, elektrisches, s. Elektrometer.
Megaskop, s. Mikroskop.
Meile, s. Erde.
Meniskus, s. Linse.
Mercur.............................. 661
Meridian............................ 662
Messen, s. Maß.
Metalle............................. 668
Metallfällungen..................... 676
Metalloide.......................... 690
Metallreiz, s. Galvanismus.
Meteore............................. 690
Meteorologie, s. Meteore.
Meteorsteine, s. Steine v. Himmel.
Miasmen............................. 691
Mikroelektrometer, s. Elektrometer.
Mikrometer.......................... 692
Mikroskop........................... 697
Milchstraße......................... 719
Mischung, s. Verbindung, chem.
Mittag, s. Meridian u. Süd.
Mittagsfernrohr, s. Passageninstrument.
Mittagsfläche, Mittagskreis, Mittagslinie } s. Meridian.
Mittel.............................. 720
Mittelpunkt......................... 720
Mitternacht, s. Nacht u. Nord.
Molécules........................... 720
Monat............................... 720
Mond................................ 721
Monden der Planeten, s. Nebenplaneten.
Mondfinsterniß, Mondflecken, Mondkarten, Mondphasen, Mondviertel } s. Mond.
Montgolfière, s. Luftball.
Morgen.............................. 730
Morgendämmerung, Morgenröthe } s. Morgen
Morgenstern, s. Venus.
Multiplicator....................... 730
Muskelkraft......................... 748

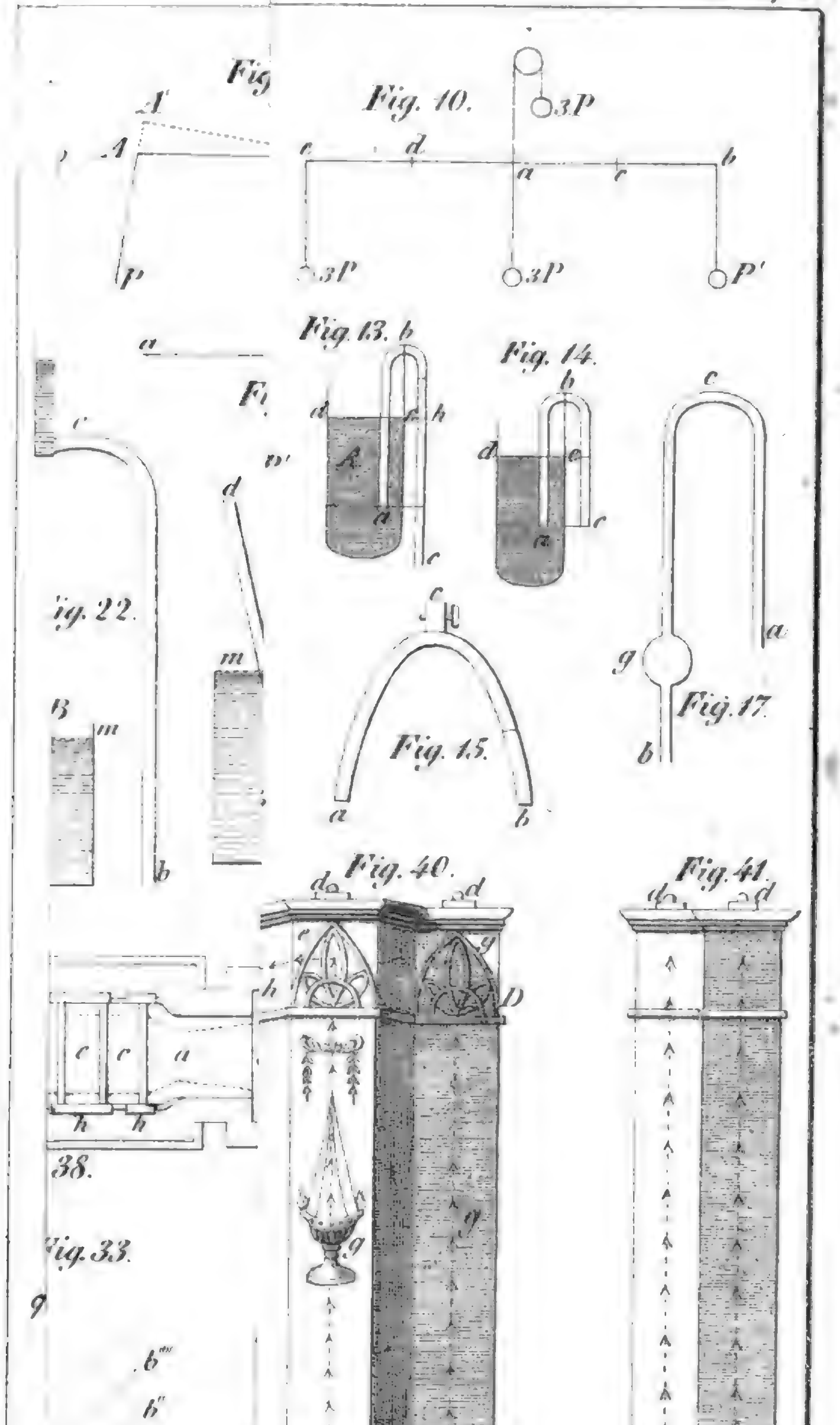


Fig. 10.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 17.
ig. 22.
38.
ig. 33.
Fig. 40.
Fig. 41.

Digitized by Google

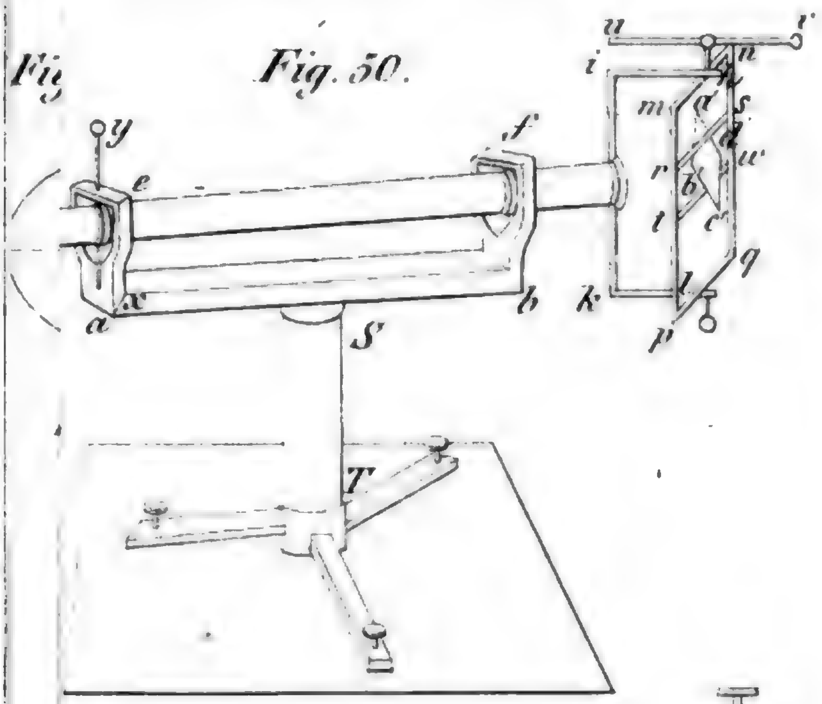


Fig. 50.

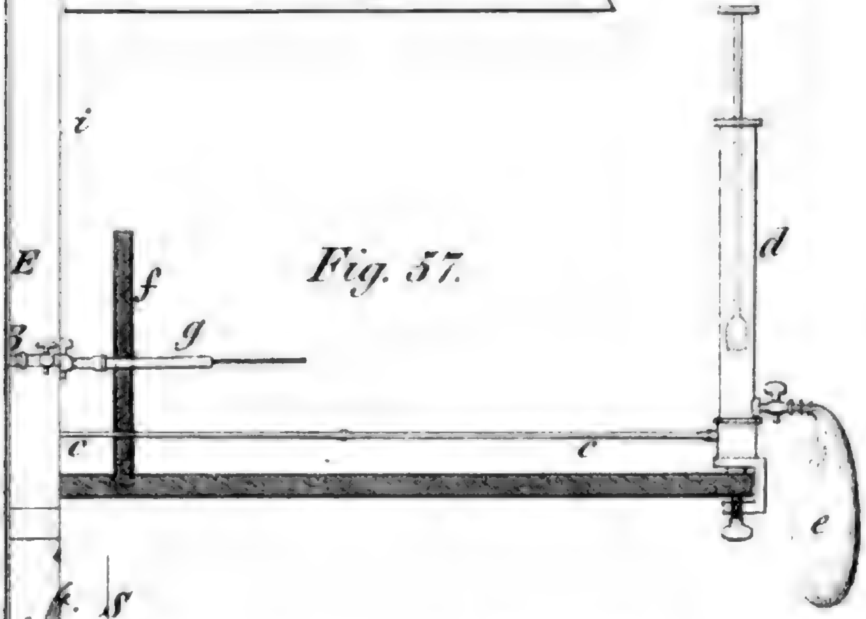


Fig. 57.

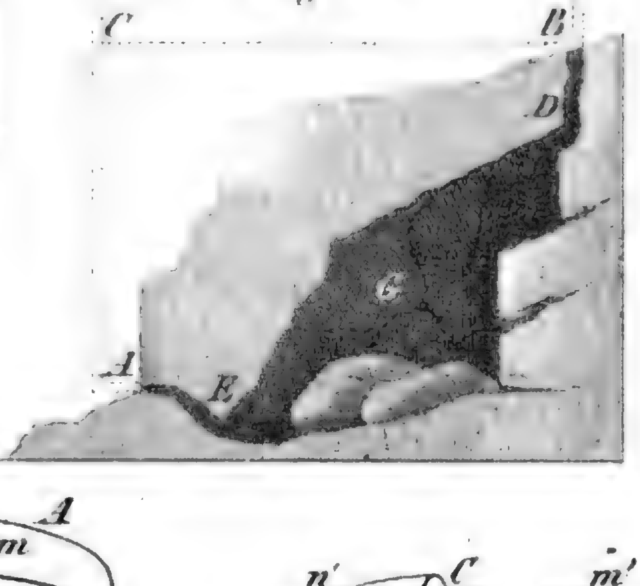
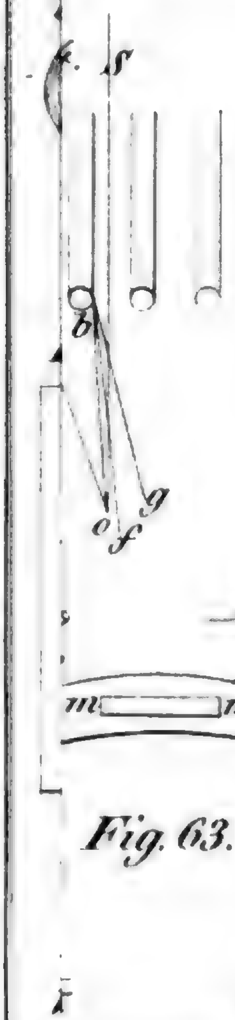


Fig. 58.



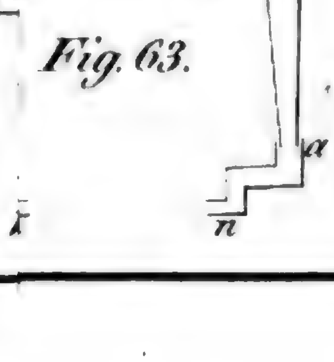


Fig. 63.

Fig. 59.

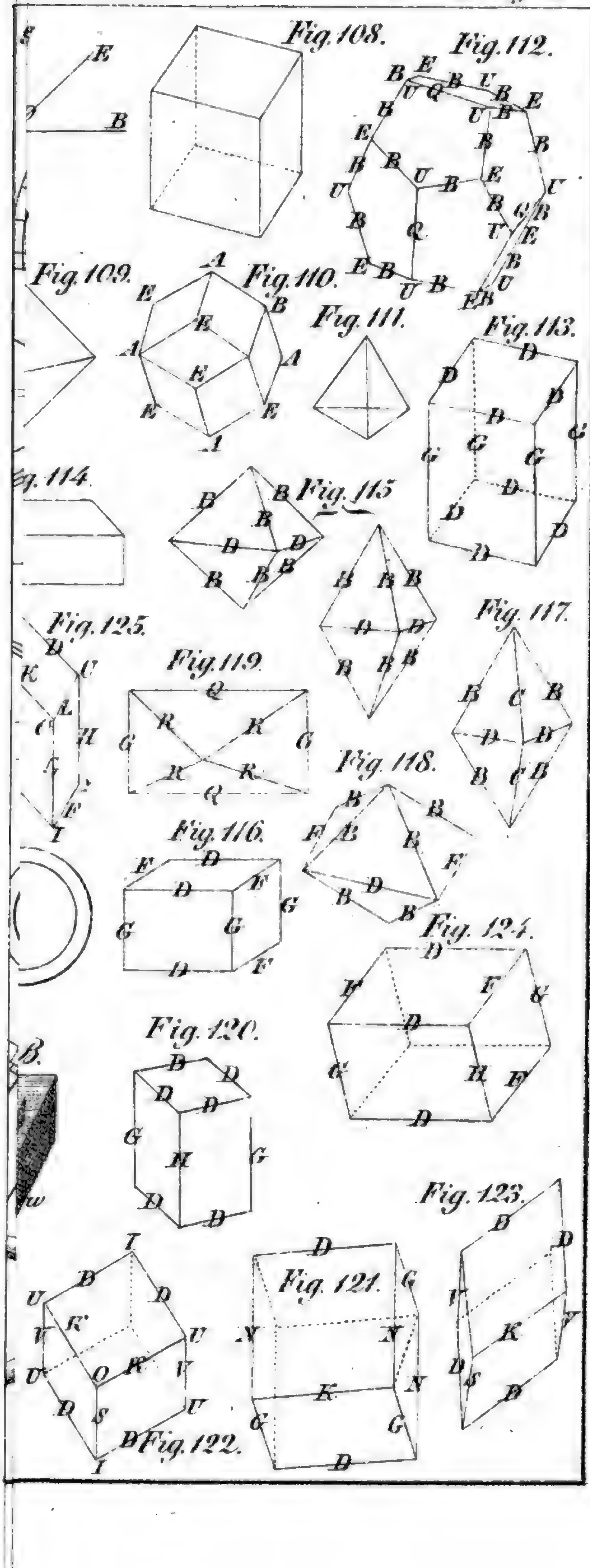
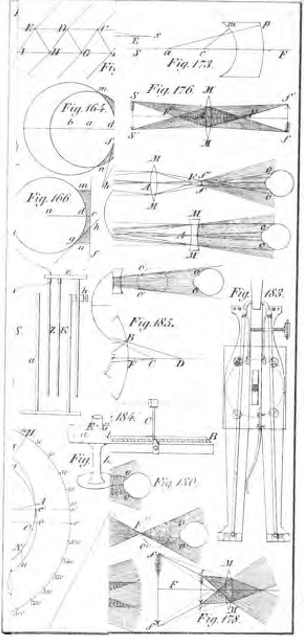


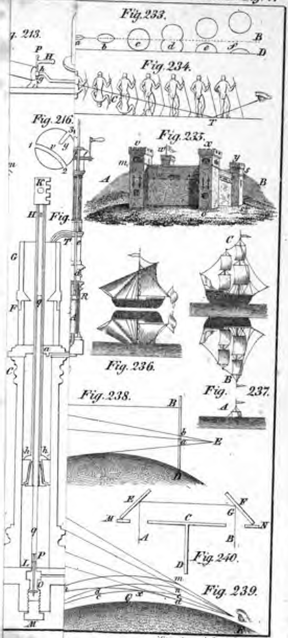
Fig. 108.
Fig. 112.
Fig. 109.
Fig. 110.
Fig. 111.
Fig. 113.
Fig. 114.
Fig. 115
Fig. 125.
Fig. 119.
Fig. 117.
Fig. 118.
Fig. 116.
Fig. 124.
Fig. 120.
Fig. 123.
Fig. 121.
Fig. 122.

Digitized by Google



Digitized by Google

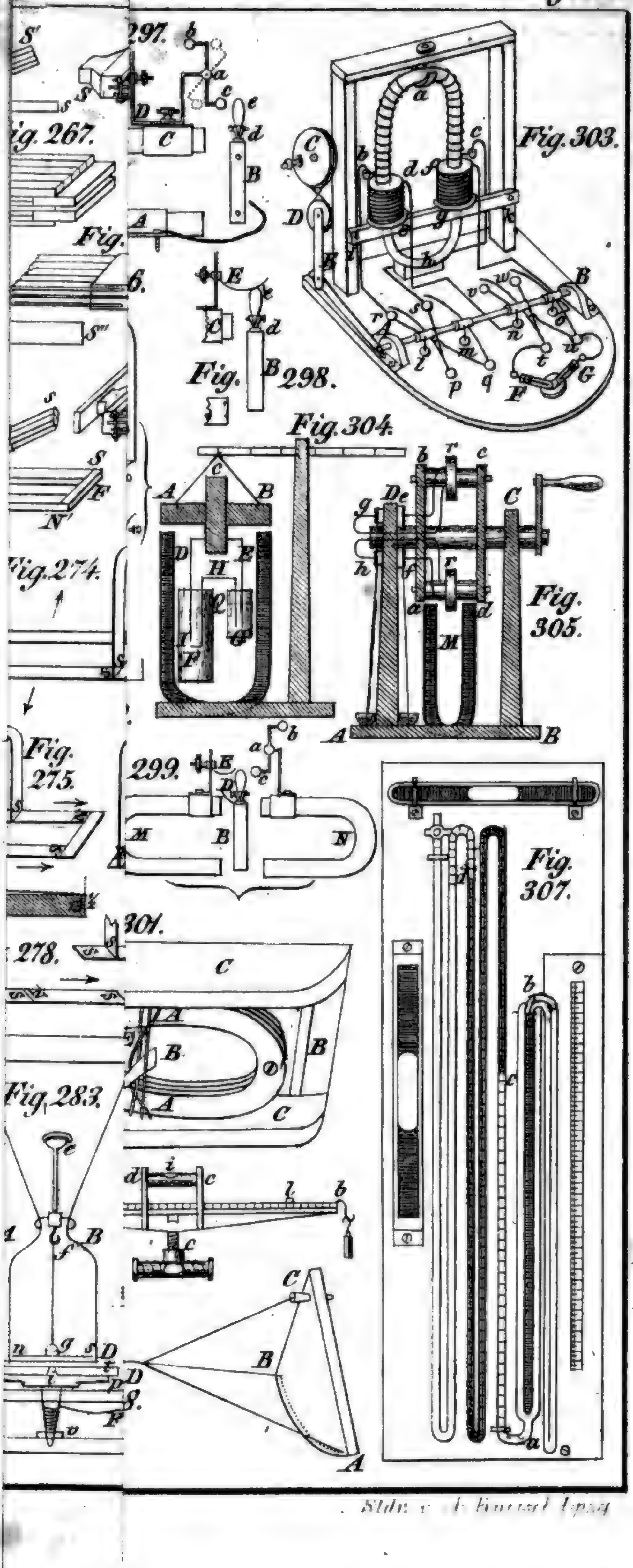
Digitized by Google



Steinde v. A. Knoedel

Google

Digitized by Google


297.
Fig. 267.
Fig. 303.
Fig. 298.
Fig. 304.
Fig. 274.
Fig. 305.
Fig. 275.
299.
Fig. 307.
301.
278.
Fig. 283.

Digitized by Google

Aaron Bldg.

6-Q

530.3 M32p
Marbach v.3
AUTHOR
Populares physikalisches

530.3 M32p
v.3

1750

Digitized by Google

Digitized by Google

PENN STATE UNIVERSITY LIBRARIES
A000057579566

Digitized by Google

PENN STATE UNIVERSITY LIBRARIES
A000057579566

Digitized by Google

Digitized by Google